Usmonov S. A.

FIZIKA





Farg‘ona - 2024

Usmonov Saidjon Abdusubxon o‘g‘li

FIZIKA

Fanidan

O‘quv qo‘llanma

Bilim sohasi:	700 000	– Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Ta’lim sohasi:	710 000	– Muhandislik ishi
Ta’lim yo‘nalishi:	60711800	– Biotibbiyot muhandisligi

Farg‘ona - 2024

So‘z boshi

Fizika - asosiy tabiiy fanlarning biri bo‘lib, u jonsiz tabiatning qonunlarini o‘rganadi. Tabiatda sodir bo‘ladigan hodisa va jarayonlar ma’lum qonunlar asosida ro‘y beradi. Bu hodisalar va ularning qonuniyatlari orasidagi bog‘lanishni o‘rganish har bir fanning asosiy vazifasidir. Fizika sohasiga asosan, jismlarning o‘zaro ta’siri va ularning harakat qonunlari hamda elektromagnit va yorug’lik bilan bog‘langan hodisalar, atom va uning yadrosini o‘rganish kiradi. Ammo fizika fanining aniq chegarasini hozirgi vaqtda ko‘rsatish qiyin. Chunki har bir yangi ochilgan va ochilayotgan kashfiyotlar – fizikaning qo’llanish chegaralarini yanada kengaytirmoqda deb aytish mumkin.

Hozirgi davrda fizika nazariy va amaliy tibbiyot rivojiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Oxirgi vaqtlarda tibbiyot biofizikasi shakllandi. Uning asosiy vazifalaridan biri-organizm funksional holatini ob’ektiv baholash uchun qo‘llash mumkin bo‘lgan fizikaviy va kimyoviy parametrlarni aniqlashdan iboratdir. Hayotiy jarayonlarning buzilishi haqida aynan shu parametrlarning o‘zgarishiga ko‘ra xulosa chiqarsa bo‘ladi. Tabiiyki biofizika fanini mukammal o‘rganish, tibbiyot muhandisligi bilimlarini puxta o‘zlashtirishda fizika fanining o’rni beqiyosdir.

Respublikamizdagi barcha oliy o‘quv yurtlari oldiga rivojlangan demokratik davlatlar talablari darajasidagi yuqori malakali kadrlarni tayyorlash vazifasi qo’yildi. Bu esa professor va o‘zgaruvchi pedagoglarimizdan doimiy ravishda izlanishda bo‘lib, o‘z malakalarini jahon standartlariga mos ravishda oshira borish, o‘zgarish jarayonida esa butunlay yangi ilg’or pedagogik texnologiyalardan, yangi axborotlar va elektron darsliklardan foydalanishni va yaratishni taqozo etadi. Chunki kadrlar tayyorlash milliy dasturining ikkinchi ya'ni, sifat bosqichi amalga oshayotgan hozirgi paytda Respublikamiz mustaqilligini uning barcha yo‘nalishlari bo‘yicha yanada rivojlantirishda yuqori sifatli bilimli, malakali mutaxassislarga tayanamiz. Zero, Prezidentimiz **Sh. M. Mirziyoyev** «Ilm-fansiz, ma’rifatsiz davlatning kelajagi yo‘q» - deb asosli aytganlar.

Tibbiyot fani va sog’liqni saqlash amaliyotining yildan yilga rivojlana borishi zamonaviy tadqiqot uslublari va yangi pedagogik texnologiyalar, diagnostik uslublar hamda zamonaviy kompyuterlarning tibbiyotning barcha bo‘limlariga kirib kelishi bilan xarakterlanadi. Bularning hammasi bo‘lg’usi shifokorlardan ularning fizika, matematika va texnikaviy fanlar xususan «Fizika» bo‘yicha nazariy va amaliy bilim darajalarini yanada oshirib borishlarini talab qiladi. Shularni hisobga olgan holda ushbu o‘quv qo’llanma **60711800-Biotibbiyot muhandisligi** yo‘nalishi uchun «Fizika» - fanining namunaviy dasturiga muvofiq tarzda ishlab chiqilgan bo‘lib, har bir mavzular doir zaruriy ma’lumotlar va formulalar keltirib o’tilgan.

O‘quv qo’llanmada berilgan barcha ma’lumotlar fizikaning umumiy nazariyasi va sog’liqni saqlash amaliyoti uchun muhim ahamiyat kasb etuvchi fizikaning o‘ziga xos bilimlarini mustahkamlash va takrorlash hamda, o‘rganishga bag’ishlangan. Talabalarda ushbu o‘quv qo’llanma mavzularini o‘rganish, tadqiqaviy bilim va ko’nikmalarini, ularning individual imkoniyati va qiziqishlarini oshirishiga hamda ularni o‘z ustida mustaqil ravishda ishlashga undaydi, shu bilan bir qatorda tibbiyot apparatlarining elektrotexnikasini o‘rganish bo‘yicha poydevor va malakaga ega bo‘ladilar.

O‘quv qo’llanmadan texnika va tibbiyot institutlari “Biotibbiyot muhandisligi” yo‘nalishi talabalari, hamda ularga «Fizika» fanini o‘zgarish jarayonlarini olib boruvchi o‘zgaruvchilar foydalanishi mumkin.

I. BOB. MEXANIKA

1-MAVZU: MEXANIKA. MODDIY NUQTA KINEMATIKASI.

Jismlarning yoki bir jism qismlarining fazoda bir-biriga nisbatan siljishiga ***mexanik harakat*** deyiladi. Jismlarning mexanik harakatini o‘rganganda ko’pincha ularning shakllari va o’lchamlarini hisobga olmasa ham bo‘ladigan hollar uchraydi. Bunday sharoitlarda jismni ***moddiy nuqta*** deb qarash mumkin. Masalan, bir bola uyidan maktabgacha ma’lum masofa bosib o’tsa, bolaning harakatini o‘rganganda uni moddiy nuqta deb qarash masalani osonlashtiradi. Lekin shu bola qo’l va oyoqlarini qimirlatib gimnastika bilan shug’ullansa, uni endi moddiy nuqta deb qarash mumkin bo‘lmaydi. Xuddi shunday yerning Quyosh atrofida aylanishini o‘rganganda yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin, lekin yerni o‘z o‘qi atrofida sutkalik aylanishini ko‘rganda Yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin emas. Demak, moddiy nuqta deb ko‘rilayotgan masalada shakli va o’lchamlarini hisobga olmaslik mumkin bo‘lgan jismga aytiladi.

Jismning vaziyatini yoki harakatini har doim boshqa jismga nisbatan ko‘riladi, shu sababli oxirgi jismni sanoq jismi deyiladi. Fizikada sanoq sistemasi sifatida ***koorditanatalar sistemasi*** ishlatiladi. Masalan, o‘zaro to‘g‘ri burchak ostida bo‘lgan uch o‘qli koordinata sistemasi olinadi, bu o‘qlarni ***x, y, z*** harflari bilan belgilanadi. Bunday koordinata sistemasini fransuz olimi Dekart kiritgan. Yana boshqa koordinatalar sistemalari ham mavjud.

Moddiy nuqta harakatini shu harakatni vujudga keltirgan sababisiz o‘rganadigan mexanikaning bo‘limiga ***kinematika*** deyiladi. Kinematikada mexanik harakatlarni qarab chiqish uchun ***trayektoriya, Yo‘l, ko’chish*** kabi tushunchalardan foydalaniladi. Moddiy nuqta harakati davomida chizgan chiziqqa ***trayektoriya*** deyiladi. Agar trayektoriya tug’ri chiziqdan iborat bo‘lsa, harakat ***to‘g‘ri chiziqli harakat*** deb ataladi. Trayektoriya egri chiziqdan iborat bo‘lsa, bunday harakat ***egri chiziqli harakat*** bo‘ladi. Trayektoriya aylanadan ham iborat bo‘lishi mumkin. Bunday holda moddiy nuqta ***aylana bo‘ylab harakat*** sodir etyapti deyish mumkin.

Moddiy nuqtaning trayektoriya bo‘ylab harakati davomida bosib o’tgan masofaga ***Yo‘l*** deyiladi. Yo‘l yo‘nalishi bilan xarakterlanmaydi. Fizikada bunday

kattaliklarni ***skalyar kattaliklar*** deyiladi. Yo‘l — skalyar kattalik. Agar moddiy nuqta bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga qarab harakat qilsa, shu nuqtalarni birlashtiruvchi va 1-nuqtadan 2-nuqtaga yo‘nalgan to‘g‘ri chiziqga ***ko’chish*** deyiladi.

Fizikada yo‘nalish bilan xarakterlanadigan fizik kattaliklarga ***vektor kattaliklar*** deyiladi. Ko’chish - vektor kattalikdir.

Endi kinematikada ko‘riladigan ikki asosiy fizik kattaliklar — ***tezlik va tezlanish***ni ko‘rib chiqamiz.

Biz hayotda tezlik deganda, vaqt birligida bosib o’tgan yo‘lni tushunamiz. Agar teng vaqtlar oraliqlarida moddiy nuqta teng yo‘l yursa, bunday harakatga ***tekis harakat*** deyiladi va harakat to‘g‘ri chiziqli bo‘lsa, tekis harakat tezligi uchun quyidagi formulaga ega bo‘lamiz.

$$V = \frac{S}{t}, \qquad (1.1)$$

bunda, ***S*** - bosib o’tilgan Yo‘l, ***t*** – vaqt.

Odatda, fizikada ***tezlik*** deganda moddiy nuqtaning trayektoriya bo‘ylab ko’chish tezligini va har bir momentdagi nuqtaning harakat yo‘nalishini xarakterlovchi fizik kattalik tushuniladi. Shu sababli trayektoriyaning har bir nuqtasi uchun ***oniy tezlik*** tushunchasi kiritilgan. Oniy tezlikni topish uchun ***x, y*** koordinata o‘qlari tekisligida biror harakatning trayektoriyasini quramiz va bu trayektoriyaning cheksiz kichik biror ***dl q***ismiga mos bo‘lgan ***ds*** ko’chishni ajratib, unga koordinata boshidan $\boldsymbol{r_1}$ va $\boldsymbol{r_2}$ radius-vektorlarni o’tkazamiz. Endi ***ds*** ko’chishni shu ko’chish sodir bo‘lgan ***dt*** vaqt oralig’iga bo‘lib, trayektoriyaning shu nuqtasi uchun oniy tezlikni topamiz.

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt} \qquad (1.2)$$

Bu yerda , ***V*** — oniy tezlik, ***ds*** — cheksiz kichik ko’chish, ***dt*** — vaqt oralig’i. Demak, tezlik moddiy nuqtaning radius- vektoridan vaqt bo‘yicha olingan hosilasiga teng ekan. Tezlik ***V*** trayektoriyaga urinma bo‘ylab yo‘nalgan

bo‘ladi. ***Halqaro Birliklar Sistemasi*** da tezlik birligi ***m/s***, ***SGS*** sistemada ***sm/s***. Yana tezlik amaliyotda ***km/soat*** birlikda ham o‘lchanadi.

Moddiy nuqtaning tezligi vaqtning funksiyasidir. Shu sababli tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan hosila ***tezlanish***ni beradi:

$$W = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2} \qquad (1.3)$$

Tezlanish ham vektor kattalikdir. Tezlanishning HBS dagi birligi m/s^2.

Endi egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanishni ko‘ramiz. Egri chiziqli harakatda tezlik vektori ham qiymat bo‘yicha, ham yo‘nalish bo‘yicha o‘zgarib turadi. Shu sababli tezlanish harakat yo‘nalishi bilan bir xil bo‘lmaydi. Tezlanish W vektorini egri chiziqli harakatda ikki o‘zaro perpendikulyar tashkil etuvchilarga ajratish mumkin**:** ***tangensial*** tashkil etuvchi W_t va ***normal*** tashkil etuvchi W_n . Tangensial tashkil etuvchi egri chiziqqa urinma bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi va quyidagiga teng bo‘ladi:

$$W_t = \frac{dV}{dt}\ , \qquad \textbf{(1.4)}$$

bu yerda, V— chiziqli tezlik, t— vaqt.

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi W_n egrilik markaziga yo‘nalgan bo‘ladi va matematik ravishda shunday ifodalanadi:

$$W_n = \frac{V^2}{R}, \qquad \textbf{(1.5)}$$

bunda, R — egrilik radiusi.

Agar moddiy nuqta aylana bo‘ylab tekis harakat qilayotgan bo‘lsa, burchak tezlik ω bilan xarakterlanadi. Burchak tezlik ω matematik ravishda shunday ifodalanadi:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}\ , \qquad (1.6)$$

bunda, φ - radius-vektorning burilish burchagi ***t*** - vaqt. Chiziqli tezlik ***V*** va burchak tezlik ω shunday bog‘langan:

$$V = \omega R \qquad (1.7)$$

Moddiy nuqtaning bir marta aylanishi uchun ketgan vaqtga ***aylanish davri*** deyiladi va ***T*** bilan belgilanadi. Vaqt birligidagi aylanishlar soni ***aylanish chastotasi*** deb ataladi va *n* bilan belgilanadi. Aylanish davri ***T*** va aylanish chastotasi *n* quyidagicha bog‘langan:

$$T = \frac{1}{n} \quad . \quad (1.8)$$

Burchak tezlik ω va aylanish davri ***T*** *o‘z*aro quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \qquad (1.9)$$

Moddiy nuqta aylana bo‘ylab notekis harakatlansa, chiziqli tezlik bilan birga burchak tezlik ω ham o‘zgaradi. Shu sababli ***burchak tezlanish*** β tushunchasi kiritiladi. U shunday ifodalanadi:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} \quad . \qquad (1.10)$$

Burchak tezlik ω va burchak tezlanish β vektor kattaliklardir. Burchak tezlik ω ning yo‘nalishi parma qoidasi bilan topiladi. Agar burchak tezlik ω vaqt o‘tishii bilan oshsa, ω va β yo‘nalishi bir xil, ω vaqt o‘tishii bilan kamaysa, ω va β yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘ladi.

2-MAVZU: MODDIY NUQTA DINAMIKASI.

Mexanikaning jismlarning harakatini shu harakatni vujudga keltirgan sabab bilan birga o‘rganadigan bo‘limini ***dinamika*** deyiladi. Dinamikaning asosini 3 ta qonun tashqil etadi. Bu qonunlarni ingliz olimi I.Nyuton aniqlagan. Shu sababli ularni ***Nyuton qonunlari*** deb ham ataladi.

Nyutonning birinchi qonuni tashqi ta’sirsiz harakatlanayotgan jismlarning mexanik holati haqidadir. Bu qonunni shunday bayon etish mumkin: ***tinch holatdagi yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan jismga boshqa jismlar ta’sir etmasa yoki ularning ta’siri kompensatsiyalansa, bu jism o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.***

Nyutonning 2-qonuni jism harakat tezligining o‘zgarishini shu jismga ta’sir etayotgan tashqi sabab - kuch bilan bog‘laydi. Bunda kuch jismlarning o‘zaro ta’sirini xarakterlaydigan fizik kattalik sifatida qaraladi. Tajriba ko‘rsatadiki, bir xil kuch bilan har xil jismlarga ta’sir etsak, ular har xil tezlanish oladi, bunga sabab ularning har xil massaga ega bo‘lishidir. Shu sababli Nyutonni 2- qonunini shunday yozish mumkin:

$$F = mW \qquad (2.1)$$

bunda ***F*** - kuch, ***m*** - jism massasi, ***W*** - tezlanish.

Bu tenglamaga ko‘ra kuch vektor kattalikdir, lekin massa - skalyar kattalikdir. Bu qonunda massa jismni tezlantiruvchi kuchlarga nisbatan qarshi tura olish qobiliyatini bildiradi, ya’ni inertligini ifodalaydi.

Massa birligi XBS da ***kilogramm*** deb ataladi. Xalqaro bitimga asosan massa birligi ***kg*** etaloni sifatida maxsus platina — iridiy qotishmasidan yasalgan etalon qabul qilingan, bu etalon Parijda saqlanadi. Kuch birligi ***(2.1)*** formula asosida aniqlanadi va ***Nyuton*** deb ataladi. Kuch birligi qilib shunday kuch olinadi-ki, u ***1kg*** massali jismga ***1m/s^2*** tezlanish beradi, ya’ni ***1N*** = ***1kg·1m/s^2***.

Nyutonning 2-qonunini asosiy ko‘rinishini ko‘rib chiqamiz. Tezlanish

$$W = \frac{dV}{dt} \qquad (2.2)$$

bo‘lganligi uchun, ***(2.1)*** formulani shunday yozish mumkin:

$$F = m\frac{dV}{dt} = \frac{d(mV)}{dt} \qquad (2.3)$$

Massaning tezlikka ko‘paytmasini ***impuls*** deb ataladi.

$$p = mV \qquad (2.4)$$

Shunga binoan, ***(2.3)*** ni shunday yoziladi:

$$F = \frac{dp}{dt}\ . \qquad (2.5)$$

Bu ***(2.5)*** ifoda Nyutonning 2 - qonunini ifodalaydi va shunday ta’riflanadi: ***impulsdan vaqt bo‘yicha olingan hosila jismga ta’sir etuvchi kuchga teng.***

Nyutonning 3 - qonunini shunday bayon etish mumkin: ***Agar B jism A jismga F_1 kuch bilan ta’sir etsa, A jism ham B jismga F_2 kuch bilan ta’sir etadi, bunda F_1 va F_2 kuchlar o‘zaro teng va qarama-qarshi yo‘nalgan.***

$$F_1 = -F_2\ . \qquad (2.6)$$

Bu qonunda eng muhimi shunda-ki, F_1 va F_2 kuchlar har xil jismlarga ta’sir etadi, ya’ni bir jismga emas.

Mexanikada jismlar harakatini ko‘rganda, shunday hol ko‘riladiki, bunda jismlar o‘zaro ichki ta’sirlashib, tashqi jismlar bilan ta’sirlashishi ro‘y bermasligi mumkin. Bunday jismlarga ***yopiq sistema*** deb qarab, impulslar uchun saqlanish qonunini tadbiq etsak, impulsning saqlanish qonunini bajarilishini ko‘ramiz. Bu qonunning ta’rifi shunday: ***yopiq sistemani tashqil etgan jismlarning impulslarining vektor yig‘indisi harakatning hamma vaqtida o‘zgarmas bo‘ladi.*** Bu qonun fizikada va texnikada juda katta rol o’ynaydi.

KUCHLAR

Hozirgi zamon fizikasida 4 xil ta’sirlashuv ko‘riladi. Bular:

1) gravitatsion ta’sirlashuv;

2) elektromagnit ta’sirlashuv;

3) kuchli yoki yadroviy ta’sirlashuv;

4)kuchsiz ta’sirlashuv. Bunday ta’sirlashuv elementar zarralarni parchalanishida ro‘y beradi. Bu ta’sirlashuvlardan ikkitasi, ya’ni gravitatsion va elektromagnit ta’sirlar klassik mexanikada ko‘riladigan kuchlarning vujudga kelishida asosiy rolni o’ynaydi. Klassik mexanikada asosan uch xil kuch ko‘riladi. Bular:

1***) gravitatsion yoki tortishish kuchlari;***

2) elastiklik kuchlari;

3) ishqalanish kuchlari.

Bu uchta kuchdan ikkitasi — elastiklik va ishqalanish kuchlarini vujudga kelishi elektromagnit xarakterga ega. Chunki bu kuchlar moddaning molekulalarini o‘zaro ta’sirlashuvi natijasida paydo bo‘ladi. Bu ta’sirlashuv esa elektromagnit xarakterda bo‘ladi.

Elastiklik kuchi ***Guk qonuni*** asosida shunday yoziladi:

$$F_{EL} = -kx \ , \qquad (2.7)$$

bu yerda F_{EL} - elastiklik kuchi, k - proporsionallik koeffitsienti, x - deformatsiya kattaligi.

Ishqalanish kuchlarini konkret hol uchun ko‘riladi. Masalan, ikki yuza o‘zaro sirpansa, ishqalanish kuchi ularning holatiga va bu jismlarni qisayotgan (bosayotgan) kuchiga bog‘liq bo‘ladi:

$$F_{ish} = \mu F_n . \qquad (2.8)$$

Bu yerda F_{ish} - ishqalanish kuchi, μ-ishqalanish koeffitsienti, F_n —siqayotgan kuchning normal tashqil etuvchisi.

Gravitatsion, ya’ni tortishish kuchlari I.Nyuton tomonidan ochilgan butun dunyo tortishish qonuni asosida aniqlanadi:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2} . \qquad (2.9)$$

Bu yerda F - tortishish (gravitatsion) kuchi, γ - gravitatsion doimiy, m_1, m_2— ikki jismning massalari, R - jismlar orasidagi masofa.

Gravitatsion doimiyni tajribada birinchi marta ingliz olimi ***Kavendish*** 1798-yilda aniqlagan: $\gamma = 6.65 * 10^{-11} \frac{N * m^2}{kg^2}$.

Tortishish kuchi ta’sirida barcha jismlar yerga tortiladi. Agar yer bilan bog‘langan sanoq sistemasida istagan m massali jismga ta’sir qilayotgan kuchni ko‘rsak, uni ***og‘irlik kuchi*** deyiladi va u quyidagiga teng bo‘ladi:

$$P = mg \qquad (2.10)$$

bu yerda g - erkin tushish tezlanishi.

Og‘irlik kuchini jismning ***og‘irligi***dan farq qilish kerak. Jismning og‘irligi deb jismning tayanchga ta’sir kuchiga aytiladi va uni G bilan belgilanadi. Agar jism yerga nisbatan tinch turgan bo‘lsa, og‘irlik kuchi va og‘irlik o‘zaro teng bo‘ladi.

$$G = P = mg\ . \qquad (2.11)$$

Agar jism yerga nisbatan ***W*** tezlanish bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, ***(3.5)*** tenglik bajarilmaydi.

KOSMIK TEZLIKLAR

Kosmik parvozlarni amalga oshirishni Rossiyada K.E.Siolkovskiy, yevropada nemis olimi G.Obert va Amerikada R.Goddar birinchi bo‘lib ko‘rib chikkanlar. Bu olimlarning hisoblashlariga ko‘ra yerdan kosmosga uchirilgan jismlarning harakati uch xil tezlikka bog‘liq, ularni kosmik tezliklar deyiladi. Birinchi kosmik tezlik

$$V_{л1} = 7.93км/с \approx 8км/с$$

ga teng bo‘lib, sun’iy yo‘ldosh bunday tezlikka ega bo‘lganda, u yer atrofida doira bo‘ylab harakatlanadi. Ikkinchi kosmik tezlik

$$V_{л2} = 11.2км/с$$

ga teng bo‘lib, kosmik jism $\boldsymbol{V_{K1}}$ dan katta, ammo V_{K2} dan kichik tezlikka ega bo‘lsa, uning harakati ellips bo‘yicha amalga oshadi. Jism tezligi V_{K2} ga teng bo‘lsa, u parabola bo‘yicha harakatlanadi. Jism V_{K2} dan katta tezlik bilan harakatlanganda uning orbitasi giperboladan iborat bo‘ladi. Yana ***uchinchi kosmik tezlik*** ham mavjud, u quyidagiga teng:

$$V_{л3} = 16.7км/с\ .$$

GALILEYNING NISBIYLIK PRINSIPI.

GALILEY ALMASHTIRISHLARI

Italyan olimi G.Galiley inersial sanoq sistemalarga nisbatan kuzatishlar va maxsus tajriba yo‘li bilan ***nisbiylik prinsipini*** ishlab chiqdi. Bu prinsipga ko‘ra barcha mexanik hodisalar barcha inersial sanoq sistemalarda bir xilda ruy beradi. Galileyning nisbiylik prinsipini *x* o‘q bo‘yicha o‘zgarmas tezlik V bilan

harakatlanayotgan ikki sanoq sistemaga nisbatan ko‘rsak, har bir sistemadan ikkinchi sistemaga utishda koordinatalarning almashtirilishi quyidagi formulalar bo‘yicha bo‘ladi:

$$X' = X - Vt$$
$$Y' = Y$$
$$Z' = Z$$
$$t' = t.$$

Bu formulalarga ***Galiley almashtirashlari*** deyiladi.

NOINERSIAL SANOQ SISTEMALARDA HARAKAT QONUNLARI. INERSIYA KUCHLARI

I.Nyuton qonunlari faqat ***inersial sanoq sistemalar***da to‘g‘ri bo‘ladi. Lekin biror inersial sanoq sistemaga nisbatan tezlanish bilan harakatlanayotgan boshqa sanoq sistemasini ko‘rsak, u ***noinersial sanoq sistema*** bo‘ladi. Bunday noinersial sanoq sistemalarda harakat qonunlarini ko‘rgarda asosiy kuchlar bilan birga yana qo’shimcha ***inersiya kuchlari*** deb ataluvchi kuchlarni hisobga olinadi.

Bunday holda dinamikaning tenglamalaridan foydalansa bo‘ladi, faqat noinersial sanoq sistemalarda Nyutonning II qonuni quyidagicha yoziladi.

$$\boldsymbol{mW = F + F_i}, \qquad \textbf{(2.12)}$$

bu yerda $\boldsymbol{F}$ - asosiy kuch, $\boldsymbol{F_i}$ - inersiya kuchi.

Inersiya kuchlariga misol sifatida aylanayotgan sistemadagi ***markazdan qochma kuch***ni ko‘rsatish mumkin. Fransuz olimi Koriolis yerni aylanishini hisobga olib, yerdagi jismlarnig harakatini ko‘rib chiqdi va yerda meridian bo‘ylab harakatlanayotgan jismlarga qo’shimcha inersiya kuchlari ta’sir qilishini aniqladi. Bu inersiya kuchini ***Koriolis kuchi*** deyiladi.

3-MAVZU: IMPULS. MEXANIK ISH VA ENERGIYA.

Nyuton qonunlari yordamida o‘rganib bo‘lmaydigan harakatlarni impuls yordamida o‘rganish mumkin. Impuls “turtki” degan ma’noni anglatadi.

- Jism massasini tezligiga ko‘paytmasiga ***jism impulsi*** yoki ***harakat miqdori*** deyiladi. $\boldsymbol{P = m\vartheta}$ [P] = 1 kg m/s
- Jismga ta’sir etuvchi kuchni ta’sir etish vaqtiga ko‘paytmasiga ***kuch impulsi*** deyiladi: $\boldsymbol{I = F\Delta t = m(\vartheta - \vartheta_0) = \Delta P}$ $[I] = 1\ kg\ m/s$
- Harakat miqdorining o‘zgarishi kuch impulsiga teng.
- O‘zaro ta’sirlashuvchi jismlar (yoki moddiy nuqtalar) birgalikda jismlar (yoki moddiy nuqtalar) sistemasi deyiladi. Sistemaga kiruvchi jismlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari ichki kuchlar, sistemaga kirmaydigan jismlar va sistemadagi jismlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari esa tashqi kuchlar deyiladi.
- Tashqi kuchlar ta’sir etmaydigan sistema **yopiq** ya’ni **berk sistema** deyiladi.

<u>Impulsning saqlanish qonuni:</u>

Berk sistemada turgan jismlar impulslarining vektorial yig‘indisi sistema ichidagi jismlarning har qanday to‘qnashuvlarida ham o‘zgarmaydi.

$$\overrightarrow{\boldsymbol{P}}_1+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}_2+\cdots+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}_n=\overrightarrow{\boldsymbol{P}}'_1+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}'_2+\cdots+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}'_n$$

$$\boldsymbol{m_1\vartheta_1+m_2\vartheta_2+m_n\vartheta_n=m_1\vartheta'_1+m_2\vartheta'_2+m_n\vartheta'_n}$$

- ***Aylanma harakatda impulsning o‘zgarishi:***

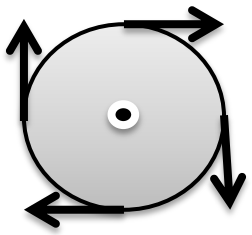
$\frac{T}{4}-$ $\alpha = 90°$ bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P = \sqrt{2}m\vartheta}$

$\frac{T}{2}-\alpha = 180°$ bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P = 2m\vartheta}$

$\frac{3T}{4}-\alpha = 270°$ bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P = \sqrt{2}m\vartheta}$

$T-\alpha = 360°$ bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P = 0}$

α −ixtiyoriy burchak ostida $\boldsymbol{\Delta P = 2m\vartheta cos\frac{\alpha}{2}}$



- ***Jism impulsining o‘zgarishi - ΔP:***

$\Rightarrow$ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislikga tik yo‘nalishda noelastik urilsa: $\boldsymbol{\Delta P = m\vartheta}$

⇒ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislikga tik yo‘nalishda elastik urilsa: $\Delta \boldsymbol{P = 2m\vartheta}$

⇒ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislik normaliga α burchak ostida noelastik urilsa: $\Delta \boldsymbol{P = m\vartheta \cos\alpha}$

⇒ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislik normaliga α burchak ostida elastik urilsa: $\Delta \boldsymbol{P = 2m\vartheta \cos\alpha}$

➢ ***Jismlar sistemasining impulsi - P_{sis}***

⇒ Jismlar bir xil yo‘nalishda harakatlansa: $\boldsymbol{P_{sis} = m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2}$

⇒ Jismlar qarama-qarshi yo‘nalishda harakatlansa: $\boldsymbol{P_{sis} = m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2}$

⇒ Jismlar perpendikulyar yo‘nalishda harakatlansa: $\boldsymbol{P_{sis} = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2}}$

⇒ Jismlar o‘zaro α burchak ostida harakatlansa:

$$\boldsymbol{P_{sis} = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2 + 2m_1\vartheta_1 m_2\vartheta_2 \cos\alpha}}$$

➢ ***<u>Urilish bu 2 va undan ortiq jismlarni qisqa vaqt momentidagi ta’sirlashuvidir.</u>***

➢ ***Absolut elastik urilish*** – bu ikki deformatsiyalanmaydigan jismlar ta’sirlashuvidir. Bunda energiya va impulsning saqlanish qonuni bajariladi.

➢ ***Absolut noelastik urilish*** – bu ikkita deformatsiyalanuvchi jismlar to‘qnashuvi bo‘lib, bunda impulsning saqlanish qonuni bajariladi, energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi. Chunki energiyaning bir qismi ichki energiyaga aylanadi va jismlar deformatsiyalanishi uchun sarf bo‘ladi.

➢ ***Jismlar noelastik to‘qnashgandan keyingi tezligi:***

⇒ Bir xil yo‘nalishda bo‘lsa: $\boldsymbol{U = \frac{m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}}$

⇒ Qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘lsa: $\boldsymbol{U = \frac{m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}}$

➢ ***Jismlar markaziy elastik to‘qnashgandan keyingi tezligi:***

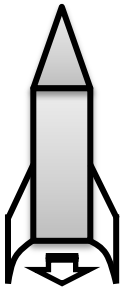
⇒ Bir xil yo‘nalishda bo‘lsa :$\boldsymbol{U_1 = \frac{2m_2\vartheta_2 - (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}}$; $\boldsymbol{U_2 = \frac{2m_1\vartheta_1 + (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}}$

⇒ Qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘lsa:

$$\boldsymbol{U_1 = \frac{-2m_2\vartheta_2 - (m_2 - m_1)\vartheta_1}{m_1 + m_2}} \qquad \boldsymbol{U_2 = \frac{2m_1\vartheta_1 - (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}}$$

Teng massali jismlar absolut elastik to‘qnashsa: $\boldsymbol{U_1 = \vartheta_2}$ $\qquad$ $\boldsymbol{U_2 = \vartheta_1}$

➢ Jism yoki sistemadan uning biron-bir qismi ϑ tezlik bilan ajralib chiqishi natijasida jism yoki sitema qarama-qarshi yo‘nalishda harakatga kelishiga ***reaktiv harakat*** deyildi. Reaktiv harakat impulsning saqlanish qonuniga asosan ro‘y beradi. Ya’ni sistemaning qismini impulsi $\mathbf{P = m_{qis}\vartheta_{qis}}$ raketaning olgan impulsi $\mathbf{P = m_{raketa}\vartheta_{raketa}}$ ga teng bo‘ladi. $m_{gaz}\,\vartheta_{gaz} = m_{raketa}\,\vartheta_{raketa}$



ENERGIYA VA ISH

Kuchning jismni ko’chirishdagi ta’sirini xarakterlash uchun ***ish*** tushunchasi kiritiladi. Ish ***F*** kuchni vektor bilan xarakterlanaligan ***dS*** ko’chishga skalyar ko‘paytmasi bilan o‘lchanadi. Juda kichik ***dS*** ko’chish uchun

$$dA = F'dS = FdS\cos\alpha\ , \quad (3.1)$$

bu yerda α - kuch bilan ko’chish orasidagi burchak.

Ma’lum Yo‘lni bosilganda bajarilgan ishni topish uchun ***(6.1)*** ni butun Yo‘l bo‘yicha integrallash kerak:

$$A = \int F\cos\alpha\, dS\ , \quad (3.2)$$

bu yerda $F\cos\alpha$ - harakatlanuvchi kuch.

Agar ***F*** kuch ***dS*** ko’chishga perpendikulyar bo‘lsa, ish nolga teng bo‘ladi. Agar jism to‘g‘ri chiziq bo‘yicha doimiy kuch ta’sirida harakatlansa, ish quyidagiga teng bo‘ladi:

$$A = FSsos\alpha\ , \ (3.3)$$

Burchak α ***=0*** bo‘lsa, ish shunday ifodalanadi:

$$A = FS. \quad (3.4)$$

Ish birligi XBS da ***1Joul***. ***1J = 1N*1m***.

Vaqt birligida bajarilgan ishga ***quvvat*** deyiladi. quvvat birligi

1 vatt. ***1Vt*** = ***1J/1c***.

Ish tushunchasi bilan ***energiya*** tushunchasi juda yaqin bog‘langan. Energiya jismni yoki jismlar sistemasini ish bajarish kobiliyatini xarakterlaydi. Energiya ham XBS da ***Joul*** birligida o‘lchanadi. Mexanik energiya ikki — ***potensial va kinetik*** energiyalardan iborat.

Kinetik energiya jismning harakati bilan bog‘langan energiyadir va u jism tezligiga bog‘liq bo‘ladi:

$$E_{kin} = \frac{mV^2}{2} . \qquad (3.5)$$

Potensial energiya berilgan sistemadagi jismlarning o‘zaro vaziyati bilan bog‘langan energiyadir va shu sistema bir holatdan ikkinchi holatga utganda bajariladigan ish bilan o‘lchanadi. Og‘irlik kuchi maydonida yer yuzasidan ***h*** balandlikda turgan jism potensial energiyasi quyidagiga teng:

$$E_{pot} = mgh, \qquad (3.6)$$

bu yerda ***g*** - erkin tushish tezlanishi, ***m*** - jism massasi.

Berk (yopiq) sistemadagi jismning to’la energiyasi uning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisiga teng va o‘zgarmas bo‘ladi:

$$E = E_{kin} + E_{pot} \quad (3.7)$$

Bu ifoda ***energiyaning saqlanish qonuni*** deyiladi.

4-MAVZU: MUTLOQ QATTIQ JISM HARAKATI KINEMATIKASI VA DINAMIKASI.

Jismni ixtiyoriy harakatini ko‘rganda uni ikki asosiy harakat — ilgarilanma va aylanma harakatlarning yig‘indisi sifatida qarash mumkin, ya’ni umumiy ko’chish:

$$\boldsymbol{S = S_{ilg} + S_{ayl}}. \qquad \boldsymbol{(4.1)}$$

Kattiq jismning bunday harakatini *yassi harakat* deyiladi. SHunga ko‘ra qattiq jism tezligini shunday yozish mumkin:

$$\boldsymbol{V = V_{ilg} + V_{ayl}}, \qquad \boldsymbol{(4.2)}$$

bu yerda – $\boldsymbol{V_{ilg}}$,$\boldsymbol{V_{ayl}}$ ilgarlanma va aylanma harakat tezligi. Aylanish jarayonida har xil nuqtalarda har xil bo‘ladi:

$$\boldsymbol{V_{ayl} = \omega R}, \qquad \boldsymbol{(4.3)}$$

bu yerda ω - burchak tezlik, $\boldsymbol{R}$ - nuqtaning radius-vektori. Demak, qattiq jismning murakkab harakatining tezligi shunday bo‘ladi:

$$\boldsymbol{V = V_{ilg} + \omega R}. \qquad \boldsymbol{(4.4)}$$

Qattiq jism qo‘zg’almas o‘q atrofida aylanganda uning harakati uchun Nyutonning 2-qonunini tadbiq etish mumkin. Buning uchun qattiq jismning aylanma harakatini xarakterlaydigan ikki fizik kattalik—***kuch momenti M*** va ***inersiya momenti I*** kiritiladi.

Qattiq jismni aylantiruvchi kuchning momenti ***M*** deb, shu kuch ***F*** ning ko‘rilayotgan nuqtasidan aylanish o‘qigacha bo‘lgan ***R*** masofaga ko‘paytmasiga aytiladi:

$$\mathbf{M = FR}. \qquad \mathbf{(4.5)}$$

Kuch momentining birligi ***1N*m*** .

Biror jismning aylanish o‘qiga nisbatan ***inersiya momenti I*** deb, jism massasini shu o‘qqacha bo‘lgan masofa kvadrati ko‘paytmasiga aytiladi.

$$I = mR^2. \qquad (4.6)$$

Inersiya momentining birligi XBS da $1kg*m^2$

Endi ***aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi***ni shunday yozish mumkin:

$$M = I\frac{d\omega}{dt} = I\beta, \qquad (4.7)$$

bu yerda β- burchak tezlanish.

Ko‘rilgan ***(4.7)*** ifoda aylanma harakat uchun Nyutonning 2-qonunini ifodalaydi. Biz uchun yangi

$$L = I\omega. \qquad (4.8)$$

ifodani ***(4.7)*** ga qo’ysak,

$$M = \frac{dL}{dt}. \qquad (4.9)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda ***L*** kattalik ***impuls momenti*** deb ataladi. Ko‘rilgan ***(7.9)*** ifoda qattiq jismning aylanma harakatining asosiy tenglamasidir. Qattiq jism biror o‘qqa nisbatan aylanganda uning kinetik energiyasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$E_{ayl} = \frac{I\omega^2}{2} \qquad (4.10)$$

Endi qattiq jismning yassi harakatidagi kinetik energiyasini shunday yozamiz:

$$E_{kin} = E_{ayl} + E_{ilg} = \frac{I\omega^2}{2} + \frac{mV^2}{2}. \qquad (4.11)$$

Bu ifodaning ma’nosi shuki, qattiq jism yassi harakatining kinetik energiyasi uning ilgarlanma harakati va aylanma harakatlarining kinetik energiyalarinig yig‘indisiga teng.

JISMLAR DEFORMATSIYASI

Har qanday qattiq jism tashqi kuch ta’sirida o‘z shakli va o’lchamlarini o‘zgartiradi. Bu hodisaga ***deformatsiya*** deyiladi. Deformatsiyalar ***elastik*** va ***plastik*** bo‘ladi. Agar tashqi kuch ta’siri to’xtagandan so’ng, jism dastlabki shakli va o’lchamlarini qayta tiklasa, bunday deformatsiya ***elastik deformatsiya*** deyiladi. Tashqi kuch ta’siri to’xtagandan so’ng jismda qoldiq deformatsiya qolsa, deformatsiya plastik bo‘ladi. qattiq jismlardagi barcha deformatsiyalar ikki asosiy deformatsiyaga keltirilishi mumkin. Bu deformatsiyalar ***cho‘zilish*** (yoki siqilish) va ***siljish deformatsiya***laridir. Elastik deformatsiyani ko‘ramiz. Deformatsiyani xarakterlash uchun ***kuchlanish R*** kattaligi kiritiladi. Kuchlanish bo’ylama cho‘zilish deformatsiyasida jismning yuza birligiga ta’sir etadigan kuchga teng.

$$P = \frac{F_n}{S}, \qquad (4.12)$$

bu yerda F_n - jism yuzasiga ta’sir etayotgan kuch, S —jism yuzasi.

Bo’ylama cho‘zilishda jismning deformatsiya natijasida uzaygan qismi Δl ni jismning dastlabki uzunligi l_0 ga nisbatini ***nisbiy uzayish*** ε deyiladi va u kuchlanish R ga proporsional bo‘ladi.

$$F_{el} = -kx = \alpha P, \qquad (4.13)$$

bu yerda, a - elastiklik koeffitsienti deyiladi. Elastiklik koeffitsienti a ga teskari bo‘lgan kattalik ***Yung moduli*** yoki

elastiklik moduli deyiladi va ye harfi bilan belgilanadi. YUng moduli ye son jihatdan birga teng bo‘lgan nisbiy uzayishni hosil qilish uchun kerak bo‘ladigan kuchlanishga teng. Elastiklik koeffitsienti a son jihatdan bir birlik kuchlanish ta’siridagi nisbiy uzayishga teng. Elastik deformatsiyada jism potensial energiyaga ega bo‘ladi.

5-MAVZU: TEBRANMA HARAKATLAR VA TO‘LQINLAR

U yoki bu darajada takrorlanuvchanligi bilan ajralib turadigan jarayonlarga ***tebranishlar*** deyiladi. Takrorlanayotgan jarayonning fizik tabiatiga qarab tebranishlar mexanik, elektromexanik, elektromagnit va boshqalarga ajraladi. Biz mexanik tebranishlarni ko‘ramiz. Tebranishlar ***erkin*** (yoki xususiy) tebranishlar, ***majburiy*** tebranishlar, ***avtotebranishlar*** va ***parametrik*** tebranishlarga bo‘linadi.

Muvozanat holatidan chiqarilganidan so’ng, o‘zicha tebranadigan sistemadagi tebranishlarga ***erkin*** yoki ***xususiy*** tebranishlar deyiladi. Masalan, matematik mayatnikning tebranishi erkin tebranishlarga misol bo‘ladi.

Tebranishlar sinus yoki kosinus qonuni bo‘yicha sodir bo‘lsa, bunday tebranishlarga ***garmonik tebranishlar*** deyiladi. Garmonik tebranishlar tenglamasi shunday yoziladi:

$$X = A\cos\alpha = A\cos(\omega t + \varphi), \quad (5.1)$$

bu yerda A - amplituda, φ - tebranish fazasi, ω - doiraviy yoki siklik chastota.

Tebranish amplitudasi A deb tebranayotgan nuqtaning muvozanatdan chetga maksimal siljish kattaligiga aytiladi. ***Tebranish fazasi***ning fizik ma’nosi shundan iboratki, u vaqtning istalgan paytidagi siljishni, ya’ni tebranayotgan sistemaning holatini belgilaydi. Fazaning 2π rad o‘zgarishiga bir ***davr T*** ga teng

vaqt oraligi mos keladi. Vaqt birligidagi tebranishlar soni ***n*** ga ***chastota*** deyiladi. U ***T*** davr bilan shunday bog‘langan:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \qquad (5.2)$$

Tebranish chastotasining birligi ***1 Gers***. ***I Gers*** chastota bir sekunddagi nuqtaning tebranishlariga teng. Garmonik tebranma harakat qilayotgan jismning ***V*** tezligi ***(9.1)*** ifodadan vaqt bo‘yicha olingan hosilaga teng.

$$V = x' = -A\sin(\omega t + \varphi). \quad (5.3)$$

Agar ***(9.1)*** dan yana vaqt bo‘yicha hosila olsak, tebranayotgan nuqtaning tezlanishini topamiz:

$$W = x'' = A\cos(\omega t + \varphi). \quad (5.4)$$

YAna ***(9.1)*** ifodani sinus orqali ham yozish mumkin va tebranayotgan nuqta tezligi va tezlanishi uchun ***(9.2)*** va ***(9.3)*** ga o’xshash ifodalarni hosil qilish mumkin. ***Garmonik tebranma harakat***ning grafigi sinusoida yoki kosinusoidadan iborat bo‘ladi.

Erkin garmonik tebranishlarning differensial tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$x'' + \omega^2 x = 0. \qquad (5.5)$$

Bu tenglamaning yechimi shunday ko‘rinishga ega:

$$x = A\cos(\omega t + \varphi). \qquad (5.6)$$

Bu tenglama yechimini kosinus orqali ham yozish mumkin.

Tebranayotgan sistema tashqaridan madad olib turmasa, vaqt o‘tishii bilan so’nadi. Bunday holda so’nuvchi tebranishga ega bo‘lamiz, uning differensial tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x - \frac{r}{m}\frac{dx}{dt}, \qquad (5.7)$$

bu yerda r — muhitning qarshilik koeffitsienti, ***k*** - kvazielastik kuch koeffitsienti, ***t*** — moddiy nuqta massasi.

Tebranayotgan sistemaga tashqi kuch davriy ravishda ta’sir etsa, ***majburiy tebranishlar***ga ega bo‘lamiz. Bunday tebranishlarning differensial tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$F_0 \sin\omega_0 t - KX = -m\omega^2 X, \qquad (5.8)$$

bu yerda ***K*** - elastiklik koeffitsienti, ω - sistemaning xususiy chastotasi, F_0 - majbur etuvchi kuch amplitudasi, ω_0 - majbur etuvchi kuch chastotasi.

Majburiy tebranishlar amplitudasi majbur etuvchi kuchning chastotasiga bog‘liq bo‘ladi. Tebranayottan sistemaning xususiy chastotasi majbur etuvchi kuchning chastotasiga teng bo‘lganda tebranishlar amplitudasi maksimal qiymatga erishadi. Bu hodisaga ***rezonans*** deyiladi.

Bir yo‘nalishda bir xil davr bilan tebranayotgan ikki sistemaning tebranishining qo’shilishini ko‘ramiz.

$$X = X_1 + X_2 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) + A_2\cos(\omega t + \varphi_2). \qquad (5.9)$$

Bunday tebranishlarni qo’shilishini grafik ravishda ko‘rish mumkin. Buning uchun ikkala tebranish amplitudalarini ***x, u*** da fazalarni hisobga olib chiziladi.

So’ng A_1 va A_2 larni parallelogram qoidasi bo‘yicha ko’shiladi va natijaviy tebranish amplitudasi A topiladi va umumiy tebranish tenglamasi yoziladi.

Garmonik tebranma harakat qilayotgan har qanday sistema ma’lum tebranish energiyasiga ega bo‘ladi. Bu energiya quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{KA^2}{2}, \qquad (5.10)$$

bu yerda A - tebranish amplitudasi, K- elastiklik koeffitsienti.

Tebranayotgan sistemalarga misol sifatida ***matematik*** va ***fizik mayatniklar***ni ko‘rsatish mumkin. Ularning harakat tenglamasi quyidagicha:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = 0 , \qquad (5.11)$$

bu yerda φ - mayatnikning burilish burchagi, ω - ikki mayatnik uchun har xil ko‘rinishga ega bo‘lgan kattalik. Bu tenglamaning yechimi quyidagicha:

$$\varphi = A\cos(\omega t + \omega_0) . \qquad (5.12)$$

Matematik mayatnik uchun tebranish davri shunday ko‘rinishga ega:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} , \qquad (5.13)$$

bu yerda l - matematik mayatnikning uzunligi, g - erkin tushishi tezlanishi.

Fizik mayatnik uchun tebranish davri quyidagicha bo‘ladi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgL}} , \qquad (5.14)$$

bu yerda I- fizik mayatnikning inersiya momenti, t – massasi , L - fizik mayatnikning osilish nuqtasi bilan massa markazi orasidagi masofa.

TO’LQINLAR

Tebranishlarning fazoda tarqalishiga ***to’lqin*** deb ataladi. To’lqinlar ikki xil bo‘ladi: ***kundalang*** va ***buylama to’lqinlar***. Kundalang to’lqinlarda muhitning zarralari to’lqin tarqalayotgan yo‘nalishga perpendikulyar yo‘nalish bo‘ylab tebranadi. To’lqin uzunligi λ, to’lqin tezligi ***v***, tebranish davri ***T*** va chastotasi ***n*** orasida quyidagi boglanish bor:

$$v = \lambda n. \qquad (5.15)$$

Elastik muhitda tarqalayotgan ko’ndalang to’lqin tezligi formula bilan ifodalanadi:

$$V_e = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \qquad (5.16)$$

bunda ***G*** -siljish moduli (ko’ngdalang elastiklik moduli), ρ - muhit zichligi.

Bo’ylama to’lqin tezligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$V_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \qquad (5.17)$$

bu yerda ye - Yung moduli.

II. BOB. MOLEKULYAR FIZIKA

6-MAVZU: MOLEKULAR FIZIKA ASOSLARI.

Molekulyar fizika, fizikaning bir bo‘limi bo‘lib, moddaning tuzilishi va xossalarini molekulyar-kinetik tasavvurga asoslanib o‘rganadi. Bu tasavvurga asosan qattiq, suyuq yoki gaz holatidagi har qanday modda juda mayda zarrachalardan — ***molekulalar***dan iborat. Bu zarralar tartibsiz harakatdadir. Ularning intensivligi temperaturaga bog‘liqdir. Jism zarralarining to’xtovsiz harakatdaligini Broun tajribalar asosida kuzatdi.

Molekulyar - kinetik nazariyaning maqsadi jismlarning bevosita tajribada kuzatiladigan xossalarini *(R,T* va h.k.) molekulalar ta'sirining umumiy natijasi sifatida talqin qilishdan iborat. Bunda, bu nazariya ayrim molekulalarnig harakati bilan emas, balki zarralarning juda katta to'plami harakatini xarakterlaydigan faqat o'rtacha miqdorlar bilangina ish ko'rib, ***statistik metod***dan foydalanadi. SHuning uchun ham molekulyar-kinetik nazariyadan farqli ravishda ***termodinamika*** jismlarning va tabiat hodisalarining makroskopik xossalarini ularning mikroskopik manzarasiga e'tibor bermay o'rganadi. Termodinamika molekula va atom tushunchalaridan foydalanmay va protsesslarni mikroskopik nuqtai nazardan tekshirmay turib ham bu protsesslarning borishi to'g'risida qator xulosalar chiqarishga imkon beradi. Termodinamikada juda ko'p tajribalardan olingan faktlarni umumiylashtirish orqali bir nechta qonunlar asos qilib olingan. SHuning uchun ham termodinamika xulosalari juda umumiy xarakterga ega. Modda holatining o'zgarishlarini tekshirishga turli xil nuqtai nazardan yondashib termodinamika bilan molekulyar-kinetik nazariya bir-birini to'ldiradi va aslida borib birlashib ketadi.

MODDA HOLATI HAQIDA TUSHUNCHA

Tekshirilayotgan jismlar to'plamini biz ***jismlar sistemasi*** yoki soddagina qilib ***sistema*** deb ataymiz. Masalan, suyuqlik va u bilan, muvozanatdagi bug. Xususiy holda, bitta jism ham sistemani tashqil qiladi. Har xanday sistema ***T, R, V*** parametrlari bilan farq qiluvchi holatlarda bo'lishi mumkin. Sistemaning holatini xarakterlovchi bunday fizik kattaliklarga ***holat parametrlari*** deb ataladi. Sistemaning muvozanat holati deb shunday holatga aytiladiki, bu holatda sistemaning barcha parametrlari tayin bir qiymatlarga ega bo'ladi. Bu qiymatlar tashqi sharoit (sistemani o'rab turgan) o'zgarmasa istalgancha vaqt davomida o'zgarmasdan qoladi.

Agar koordinata o'qlariga qandaydir ikki parametr qiymatlari qo'yilib chiqilsa, u holda sistemaning istalgan muvozanat holatini o'sha grafikda 1 ta nuqta bilan tasvirlash mumkin. Muvozanatsiz holatni bunday tasvirlab bo'lmaydi, chunki

muvozanatsiz holatda hech bo‘lmaganda holat parametrlaridan bittasi tayinli bir qiymatga ega bo‘lmaydi.

Sistemaning 1- muvozanat holatidan 2- muvozanat holatiga o‘tishii jarayondir. Muvozanat holatlarning uzluksiz ketma-ketligidan iborat bo‘lgan protsess ***muvozanatli jarayon*** deb ataladi. Juda sekin o’tadigan protsessgina (porshenni sekin siqish) muvozanatli protsess bo‘ladi, shuning uchun muvozanatli protsess abstraksiyadir.

Muvozanatli protsessni grafikda tegishli egri chiziq bilan tasvirlash mumkin. Muvozanatsiz protsesslarni grafikda shartli ravishda punktir egri chiziq bilan tasvirlaymiz. Muvozanat holat va muvozanatli protsess tushunchalari termodinamikada katta rol o’ynaydi. Termodinamikaning barcha miqdoriy xulosalarini faqat muvozanatli protsesslargagina kullash mumkin.

TEMPERATURA

Jismlarning hajm, elektr qarshiligi va shu kabi qator xossalari temperaturaga bog‘liq. Temperaturani miqdoriy aniqlashda bu xossalarning har biridan foydalanish mumkin. Temperaturani o’lchash uchun tanlab olingan jismni (termometrik jism) eriyotgan mo‘z bilan issiqlik muvozanati holatiga keltiramiz, jismning bu holatdagi temperaturasini ***0 gradus*** deb olamiz va jismning temperaturasini o’lchash uchun biz qo’llamoqchi bo‘lgan xossasini (temperatura belgisini) miqdoriy jihatdan xarakterlaymiz. Bunday belgi sifatida jismning hajmi tanlab olingan va uning ***0°*** dagi qiymati V_0 ga teng deb faraz qilamiz. So’ngra usha jismning o‘zini atmosfera bosimi ostida kaynayotgan suv bilan issiqlik muvozanati holatiga keltiramiz, bu holatda uning temperaturasi ***100°*** ga teng deb olamiz va unga mos keladigan V_{100} hajmni aniqlaymiz. Bu tanlab olgan temperatura belgisi (bu misolda — hajm) temperatura o‘zgarishi bilan chiziqli o‘zgaradi deb hisoblab, termometrik jismning hajmi V bo‘lgan holatda uning temperaturasi quyidagiga teng bo‘ladi deb yozish mumkin.

SHu tariqa topilgan temperatura shkalasi ma’lumki, ***Selsiy shkalasi*** deb ataladi.

Temperaturani o’lchash uchun hajm emas, balki biror boshqa belgi olinganda ham yuqoridagiga o’xshash fikrni aytish mumkin. Temperaturani aytib o’tilgan usul bilan darajalab olib, undan temperaturani o’lchash uchun foydalanish mumkin. Buning uchun termometrni temperaturasi o‘lchanayotgan jism bilan issiqlik muvozanati holatiga keltirish kerak.

Tabiatda har xil bo‘lgan termometrik jismlardan (simob, spirt) yoki turli xil temperatura belgilaridan (hajm, elektr karshilik) foydalanuvchi termometrlarni taqqoslaganda ularning ko‘rsatishlari darajalash tufayli ***0°*** da va ***100°*** da bir xil bo‘lib boshqa temperaturalarda farq qiladi. Bundan shunday xulosa chikadiki, temperaturalar shkalasini bir qiymatli aniqlash uchun darajalash usulidan tashqari, yana termometrik jism va temperatura belgisini qanday tanlash haqida hali kelishib olish kerak. Temperaturalarni empirik shkala deb ataluvchi shkalasini aniqlashda, bularning qanday tanlab olinishini keyingi mavzularda o’tamiz. SHuni aytib o’tamizki, termometrik jismning xossalariga bog‘liq bo‘lmagan shkala termodinamikaning 2- qonuniga asosan aniqlanadi. Bu shkala temperaturalarini ***absolyut shkalasi*** deb ataladi.

7-MAVZU: GAZLAR KINETIK NAZARIYASI.

Molekulyar-kinetik nazariya modda holatining eng sodda holi bo‘lgan gaz holatini talqin qilishda katta yuto‘qlarga erishdi. Bu nazariya soddalashtiruvchi bir qator farazlar kiritilgan sharoitdagi o‘zining eng elementar ko‘rinishida ham gaz holatining asosiy xossalarini va gazlarda bo‘ladigan hodisalarni sifat jihatidan emas, balki miqdor jihatidan ham izoxlab bera oladi.

Biz yechmoqchi bo‘lgan birinchi masala gazning idish devorlariga beradigan bosimining kattaligini hisoblash masalasidir. Bu masalaning yechilishi absolyut temperaturaning fizik tabiatini yechib beradi. Masalani yechish uchun gazlarning eng sodda molekulyar-kinetik modelidan foydalanamiz. U quyidagichadir:

1. Gaz molekulalari olisdan bir-biriga ta’sir ko‘rsatmaydi, va ular tartibsiz xaotik harakatda bo‘ladi;

2. Gaz molekulasining o’lchami juda kichik, shuning uchun gaz molekulalarining xususiy hajmi idishda egallangan hajmidan juda kichik va ular shar shaklida.

Bu modeldan gazning har bir molekulasi hamma vaqt erkin harakatda va ba’zan boshqa molekulalar bilan yoki idish devorlari bilan elastik ravishda to‘qnashib turadi. Bu model biz bilamizki, ideal gaz modelidir. YAna shuni e’tiborga olamizki gaz molekulalari tartibsiz xaotik harakatda bo‘lganidan ular barcha yo‘nalishlar bo‘yicha bir xil ehtimollik bilan harakat qiladilar. Bunday fikrga kelishimizga yana bir sabab, gaz idish devorlariga hamma joyda bir xil bosim ko‘rsatadi. Agar bordi-yu, molekulaning biror yo‘nalish bo‘yicha harakati ustunlik kilganda unda gaz devorining shu yo‘nalishi tomonida yotgan qismiga ko’proq bosim ko‘rsatar edi.

Molekulaning tezligi juda xilma-xil bo‘lishi mumkin. Ular to‘qnashganda, massalari bir xil bo‘lgan ikkita shar o‘zaro elastik markaziy to‘qnashgani kabi, tezliklari almashadi. Birining tezligi oshsa, boshqasiniki kamayadi. CHunki to‘qnashguncha bo‘lgan umumiy kinetik energiya, to‘qnashgandan keyingi umumiy kinetik energiyaga teng bo‘lishi kerak. Qo’yilgan masalani yechishni soddalashtirish uchun molekulalar harakatining xarakteriga aloqador bo‘lgan ba’zi soddalashtiruvchi farazlarni kiritamiz:

1. Molekulalar faqat o‘zaro perpendikulyar bo‘lgan uchta yo‘nalishda harakatlanadi. Agar gazda N dona molekula bo‘lsa, har bir yo‘nalishda $N/3$ ta molekula ishtirok etadi. Agar yo‘nalishni qarama-qarshi tomonini hisobga olsak, har bir yo‘nalish bo‘yicha $N/6$ ta molekula harakat qiladi. Bunday farazga asosan bizni qiziqtirayotgan yo‘nalishda (masalan, idish devorining mazkur dS elementiga o’tkazilgan normal bo‘ylab) molekulalarning $1/6$ qismi harakat qiladi, deb hisoblaymiz.

2. Hamma molekulalarning tezligi V deb hisoblaymiz. 1-soddalashtirish oxirgi natijaga ta’sir etmaydi. Buni ko‘rsatish mumkin.

Idish devoriga kelib urilganda molekula devoriga kuch dp impuls beradi, bu impulsning son qiymati, molekula miqdorining o‘zgarishiga teng. Devor sirtining

har bir ***dS*** elementini ko’p miqdordagi molekulalar doimiy ravishda bombardimon qilib turadi. Buning natijasida *dS* element ***dt*** vaqt ichida ***dS*** ga normal bo‘yicha yo‘nalgan ***dp*** yig‘indi impuls oladi. Mexanikadan ma’lumki,

$$F = P*S . \qquad (7.1)$$

S ga ta’sir etuvchi kuchga,

$$P = \frac{F}{S} , \qquad (7.2)$$

esa, bosimga tengdir. Bu elementar tushunchalardan foydalanib idish devoriga urilayotgan molekulalarning usha idish devoriga beradigan bosimini hisoblasak, quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$R = \frac{1}{3} nmv^2 , \qquad (7.3)$$

Gaz molekulasining ilgarilama harakati kinetik energiyasini hisobga olib ***(3.3)*** dan

$$P = \frac{2}{3} nE_{kin} , \qquad (7.4)$$

ga ega bo‘lamiz. Bir atomli ideal gaz molekulasining ilgarilanma harakatining o’rtacha kinetik energiyasi uchun shunday ifoda mavjud:

$$E_{kin} = \frac{3}{2} k T , \qquad (7.5)$$

bu yerda ***k***—Bolsman doimiysi, $k = 1{,}38*10^{-23}$ ***J/K***

SHunisi qiziqki, E_{kin} faqat temperaturaga bog‘liq bo‘lib, molekulaning massasiga bog‘liq emas. ***(7.5)*** dan ko‘rinadiki, temperaturaning absolyut shkalasi

(Bolsman shkalasi) bevosita fizik ma’noga ega bo‘lib qoladi. Absolyut 0^0 temperaturada molekulaning ilgarilama harakati butunlay to’xtab holadi. Lekin bu temperaturada molekula va atomlar ichidagi harakat to’xtamaydi. Agar tekshirayotgan gaz bir turli emas, balki har xil gaz aralashmasi bo‘lsa, R_1 , R_2 , R_3 va hokazo bu bosimlar ***parsial bosimlar*** deyiladi.

$$P = P_1 + P_2 + ... + P_n . \qquad (7.6)$$

(7.6) Dalton qonunining ifodasidir,ya’ni ***ideal gazlarda parsial bosimlarning yig‘indisi butun gaz aralashmasining bosimiga tengdir.***

Molekulalarning harakat kinetik energiyasi, umuman aytganda ularning ilgarilama harakat kinetik energiyalaridangina iborat emas. U molekulalarning aylanish va tebranish kinetik energiyalarining yig‘indisidan iborat bo‘lishi ham mumkin. Molekulalarnig barcha tur harakatlariga to‘g‘ri keladigan energiyani hisoblash uchun ***erkinlik darajasi*** degan tushunchani kiritish kerak bo‘ladi. Jismning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun zarur bo‘lgan erkli koordinatalarning soniga jismning ***erkinlik darajasi*** deyiladi. Masalan, moddiy nuqtaning erkinlik darajasi 3 ga teng. Gazning har bir molekulasi ma’lum erkinlik darajasiga ega bo‘lib, uning ilgarilama harakatiga 3 ta erkinlik darajasi to‘g‘ri keladi. Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosida molekulalar harakatining butunlay tartibsizligi to‘g‘risidagi faraz yotadi: molekulalarning harakatidagi bunday tartibsizlik faqat ilgarilama harakatdagina emas, balki barcha tur harakatlariga (aylanma, tebranma) ham xosdir. Harakat turlarining barchasi teng qiymatlidir. SHu sababli molekulalarning har bir erkinlik darajasiga o’rtacha bir xil miqdorda energiya to‘g‘ri keladi, deyish tabiiydir. Bu holat energiyaning erkinlik darajalari bo‘yicha birday (tekis) taqsimlanishi qonuni nomi bilan yuritiladi. Bunda bitta erkinlik darajasi ***(i=1)*** ga to‘g‘ri kelgan o’rtacha energiya

$$E_{kin0} = \frac{1}{2} kT . \qquad (7.7)$$

bo‘ladi.

Gaz molekulasining erkinlik darajasi

$$i = i_{ayl} + i_{teb}\,, \qquad (7.8)$$

ga teng.

Tebranma harakatda ham kinetik, ham potensial energiya bo‘ladi. SHuning uchun

1 atomli molekulada $i = 3$.

2 atomli molekula (qattiq bog‘lam) $i = 5$, ***tebranish yo‘q*** .

3 atomli molekula (elastik bog‘lam) $i = 7$, ***tebranish bor.***

3 va undan ortik (qattiq bog‘lam) $i = 6$, ***tebranish yo‘q.***

Gaz molekulalarining tezligi son jihatidan va yo‘nalish bo‘yicha ularning bir-biri bilan to’knashuvi natijasida, doimo o‘zgarib turadi. Tezlikning barcha yo‘nalishlari teng ehtimolli bo‘lgani uchun, molekulalar har bir yo‘nalish bo‘yicha teng taqsimlanadi; har qanday orientirlangan $d\theta$ fazoviy burchak ichida har bir paytda o’rta hisobda bir xil dN sondagi molekulalarning harakat yo‘nalishi yotadi. Tezliklarning son qiymatiga kelsak tezlikning 0 dan ∞ bo‘lgan qiymatlari bir xil ehtimollik bilan uchramaydi. CHunki to’knashuvlarda molekulalarning tezligi tasodifiy ravishda o‘zgaradi. Agar hamma molekulalar bitta molekula bilan to‘qnashib unga energiya bersalar ham, bu molekulaning tezligi chekli qiymatga ega bo‘ladi (∞ bo‘lmaydi). Bu protsess ehtimolligi kichiqdir, ya’ni ***o’rtacha tezlikdan*** katta bo‘lgan tezliklar ehtimoli kichiqdir. Agar to’knashuvdagi 1 ta molekula to’xtab koladigan protsess bor desak, u protsess ehtimoli ham kichiqdir, demak $v >> 0$ bo‘lganda ham, $v >> \infty$ bo‘lganda ham shunday tezlikli molekulalar uchrash ehtimoli 0 ga intiladi.

Aytilganlardan xulosa qilib, molekulalarning tezliklari asosan eng katta ehtimolli biror qiymatga yaqin bo‘ladi deyish mumkin. Gaz molekulalarining

tezliklari bo‘yicha taqsimlanishini nazariy Yo‘l bilan Maksvell topgan bo‘lib, uning ko‘rinishi

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n v_0^2 e^{-v_o^2} dv_0, \qquad (7.9)$$

(3.9) ga ***Maksvell taqsimot funksiyasi*** deyiladi (bu yerda $v_0 = \frac{v}{v_э}$ - nisbiy tezlik, v_o - oniy tezlik, v_e – eng katta ehtimolli tezlik). Taqsimot funksiyasi gazning turiga va holat parametri ***T*** ga bog‘liq ekan, lekin ***R*** va ***V*** *ga* bog‘liq emas. Taqsimot funksiyasining maksimum qiymatiga mos keluvchi tezlikning ehtimoli ravshanki eng katta bo‘ladi. Uni eng ehtimolli tezlik deyiladi.

$$v_e = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} \approx 1.41\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (7.10)$$

Maksvell taqsimot funksiyasidan foydalanib, molekulyar fizikada muhim rol o’ynaydigan kattaliklar: o’rtacha arifmetik tezlik <v>, o’rtacha kvadratik tezlik v_{kv} ni topish mumkin;

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \approx 1.60\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (7.11)$$

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \approx 1.73\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (7.12)$$

Endi gaz tashqi maydonda masalan, og‘irlik kuchi maydonida bulsin. Bu holda gazning bosimi hamma yerda har xil bo‘ladi. Bu holni L. Bolsman o‘rgangan va gaz molekulalarining og‘irlik kuchi maydonida taqsimlanishi uchun shunday formula chiqargan:

$$n = n_0 * exp(-\frac{E_P}{kT}) \cdot \qquad (7.13)$$

bu yerda: E_r— potensial energiya, p_a — potensial energiya nol bo‘lgan nuqtadagi molekulalarning zichligi.

Bu formula ***Bolsman formulasi*** deyiladi va u gazning zichligini potensial energiya bilan o‘zgarishini ko‘rsatadi. Gaz bosimi molekulalar zichligidan *kT* o‘zgarmas kattalik bilan farq qiladi.

SHuning uchun (3.13) formulani shunday yozish mumkin:

$$p = p_0 * exp(-\frac{E_P}{kT}). \qquad (7.14)$$

Erdan *h* balandlikda molekulaning potensial energiyasi

$$E_p = mgh. \qquad (7.15)$$

bo‘ladi. Shu sababli (7.14) ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p = p_0 * exp(-\frac{mgh}{kT}). \qquad (7.16)$$

Bu formulani ***barometrik formula*** deyiladi, bunda r_0 - *ye*r sathidagi gaz bosimi.

MOLEKULA ERKIN YUGURISH YO‘LINIG O’RTACHA UZUNLIGI

Gaz molekulalari betartib issiqlik harakati sababli bir — birlari bilan to‘qnashib turadilar. Bu to‘qnashishlar orasida molekulalar biror Yo‘lni bosadilar. SHu sababli molekulalarning ***o’rtacha yugurish Yo‘li*** tushunchasi kiritilgan. Uni $< \lambda >$ bilan belgilanadi. Hisobga ko‘ra $< \lambda >$ quyidagiga teng:

$$< \lambda >= \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n}. \qquad (7.16)$$

bu yerda σ — molekulaning effektiv diametri, p — hajm birligidagi molekulalar soni.

8-MAVZU: REAL GAZLAR

Fransuz fiziklari Renyu, Amaga va boshqalarning tajribalari ideal gaz qonunlari yuqori bosimlarda real gazlar uchun uncha to‘g‘ri natija bermasligini ko‘rsatdi. Gaz qancha ko‘proq siqilgan bo‘lsa, ideal gaz qonunlaridan chetlanish shuncha ko‘proq kuzatiladi. Ideal gaz qonunlarini real gazlarga ham qo‘llash uchun unga tuzatma kiritish lozim. Ana shunday tuzatma gollandiyalik fizik Van-der-Vaals tomonidan 1873 yilda kiritilgan.

Ma’lumki, ideal gazlarning holati Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bilan aniqlanadi. Bir mol ideal gaz uchun bu tenglama

$$PV = RT \quad (8.1)$$

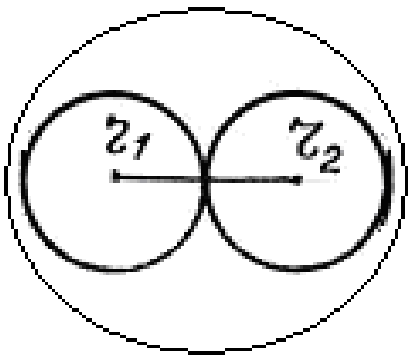
ko‘rinishda yoziladi.

Real gazlar ideal gazlardan molekulalari xususiy hajmga ega ekanligi va molekulalararo ta’sir borligi bilan farq qilganliklari uchun, real gaz tenglamasini yozishda bu farqlarni hisobga olish kerak.

Eng avvalo, real gazlarning molekulalari ma’lum hajmga ega bo‘lganliklari uchun, gazning egallagan butun hajmidan shu gaz molekulalarining xususiy hajmini xarakterlaydigan biror b kattalikni ayirish kerak. Mendeleev-Klapeyron tenglamasida V o‘rniga, V-b ni olmoq lozim.

Van-der-Vaals tenglamasidagi molekulaning hajmini hisobga oluvchi b tuzatma bilan molekulaning xususiy hajmi V_0 o‘rtasidagi bog‘lanishni quyidagicha topish mumkin.

Ikki molekula to‘qnashganda ular bir-biriga radiuslarining yig‘indisi r_1+r_2 masofagacha yaqinlashadi. Radiuslari r_1 va r_2 bo‘lgan to‘qnashuvchi molekulalar uchun bu hajm(1-rasm)



1-rasm

$$b = kn\frac{4}{3}\pi\left(r_1 + r_2\right)^3 \quad (8.2)$$

ga teng. Bu yerda k – to‘qnashuv doimiysi, n – hajm birligidagi to‘qnashuvchi zarralar soni. To‘qnashuvda faqat ikkita molekula qatnashadi ya’ni n=2 deb hisoblansa, $k = \frac{1}{2}$ va to‘qnashuvchi molekulalarning o‘lchami r_1=r_2=r bir xil bo‘lsa

$$b = k\frac{4}{3}\pi\left(2r\right)^3 \approx 4V_0 \quad (8.3)$$

kelib chiqadi. Shunday qilib, Van-der-Vaals tenglamasidagi hajmga kiritilgan tuzatma molekulaning xususiy hajmidan to‘rt marta katta ekan.

Real gazlar molekulalari orasidagi masofa r=r_0 dan katta bo‘lgan oraliqlarda o‘zaro tortishganliklari sababli idish devoriga yaqin molekulalar o‘rtaroqdagi molekulalarga tortiladi va shuning natijasida qo‘shimcha ichki bosim paydo bo‘ladi. Bu ichki bosim idish devori yaqinidagi yuza birligiga to‘g‘ri kelgan molekulalar soni n ga proporsional. Bu molekulalar soni esa o‘z navbatida hajm birligidagi molekulalar soni n ga proporsional. Shunday qilib, gaz molekulalarining tortishuvi tufayli hosil bo‘ladigan qo‘shimcha ichki bosim hajm birligidagi gaz molekulalarining soni n ning kvadratiga to‘g‘ri proporsional. Hajm birligidagi zarralar soni $n \approx \frac{1}{V}$ bo‘lganligi uchun, qo‘shimcha bosim $P_k^{'} = \frac{a}{V^2}$ deb olish mumkin. Bunda a – proporsionallik koeffitsienti.

Shunday qilib, 1 mol real gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi

$$\left(P+\frac{a}{V_m^2}\right)\left(V_m-b\right)=RT \quad (8.4)$$

bo‘ladi. Bu yerda R – bir mol gazga tegishli gaz universal doimiysi, V gazning molyar hajmi, a va b lar esa berilgan gaz uchun Van-der-Vaals doimiylari. Turli xil gazlar uchun a va b larning qiymatlari turlicha bo‘ladi. b kattalik molyar hajm birligida o‘lchanadi. a ning o‘lchamini quyidagicha topish mumkin. $\frac{a}{V^2}$ ifoda ichki bosimni ifodalaydi va shuning uchun u N/m^2 larda ifodalanadi. U holda

$$a = P'V^2 = H/м^2 \frac{M^6}{моль^2} = НМ^4/моль^2$$

birlikda o‘lchanadigan fizik kattalikdir.

Istalgan $\nu=\frac{m}{\mu}$ miqdordagi gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi

$$\left(P+\frac{m^2}{\mu^2}\frac{a}{V^2}\right)\left(V-\frac{m}{\mu}b\right)=\frac{m}{\mu}RT \quad (8.5)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Bu yerda V – gazning egallagan hajmi.

Real gazlar holatini ifodalovchi Van-der-Vaals tenglamsi yagona tenglama emas. Yuz va ming atmosferalarda Van-der-Vaals tenglamasi bo‘yicha olingan natijalar tajribada olingan natijalar bilan to‘la mos kelmaydi. Bu fakt shuni ko‘rsatadiki, Van-der-Vaals tenglamasi ham real gazning xususiyatini to‘la ifodalamas ekan, yana qo‘shimcha parametrlar kiritishga to‘g‘ri keladi. Shuning uchun ham boshqa olimlar ham real gazlar holatini ifodalovchi tenglamalarni taklif etishgan. Masalan:

Bertlo tenglamasi

$$\left(P+\frac{a}{TV^2}\right)\left(V-b\right)=RT \quad (8.6)$$

Kamerling-Onnes tenglamasi

$$PV = RT\left(1 + \frac{B_2}{V} + \frac{B_3}{V^2} + \ldots\right) \quad (8.7)$$

Diterchi tenglamasi

$$P(V - b) = RT \cdot e^{-\frac{a}{RT \cdot b}} \quad (8.8)$$

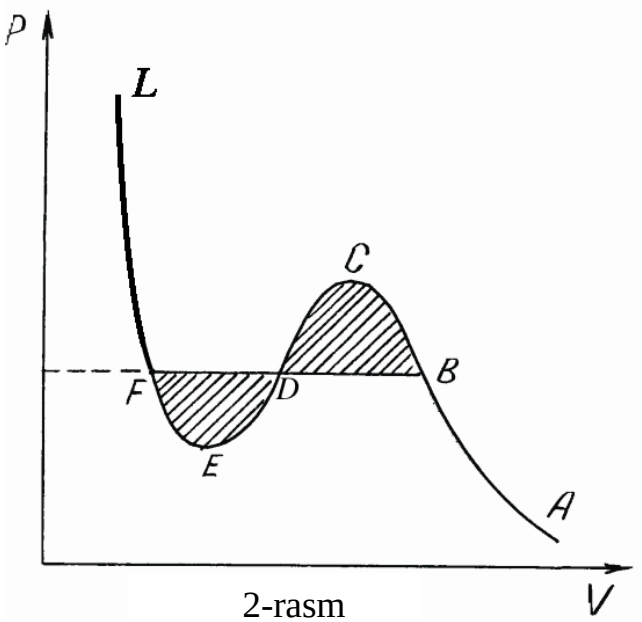
kabilarni misol keltirish mumkin. Lekin bu tenglamalar orasida Van-der-Vaals tenglamasi real gazlar holatini ifodalovchi eng ko‘p qo‘llaniladigan va reallikni aniqroq aks ettiradigan tenglamadir.

Van-der-Vaals izotermalari

Van-der-Vaals tenglamasini V ga nisbatan yechsak

$$V^3 - \left(b + \frac{RT}{P}\right)V^2 + \frac{a}{P}V - \frac{ab}{P} = 0 \quad (8.9)$$

hosil bo‘ladi. Bu tenglama V ga nisbatan uchinchi darajali tenglama bo‘lganligi tufayli gaz bosimi qiymatining o‘zgarishi bilan gazning hajmi bitta yoki uchta ildizga ega bo‘ladi. Ma’lum gaz uchun berilgan temperaturadagi Van-der-Vaals nazariy izotermasini chizsak *ABCDEFL* egrisini hosil qilamiz (2-rasm).



2-rasm

Bu grafikdan ko‘rinadiki, gaz hajmining kamayishi bilan (AV – qismda) uning bosimi orta boradi. Bu holda gaz deyarli Boyl-Mariott qonuniga bo‘ysungandek

tuyuladi. Lekin eks-perimental izotermada gazning hajmi ma’lum *V* nuqtaga yetgandan boshlab real gazning to‘yingan bug‘i hosil bo‘lib, gaz suyuqlikka aylana boshlaydi. (Bunday jarayonga kondensatsiyalanish deb aytiladi).

Bu holdagi bug‘ning bosimi faqat temperaturaga bog‘liq bo‘lib, barcha bug‘ suyuqlikka aylanguncha hajmning kamayishi bilan uning bosimi doimiy qoladi. *F* nuqtada kondensatsiyalanish jarayoni tugab, barcha bug‘ suyuqlikka aylanib bo‘ladi. Hajmning yanada kamaytirilishi suyuqlik bosimining keskin ortishiga olib keladi. Bu soha *FL* chizig‘i bilan xarakterlanadi.

Van-der-Vaals izotermasidagi *BCDEF* soha turg‘un bo‘lmagan gaz holatini ifodalab, suyuqlik va bug‘ aralashmasidan iborat. Grafikdagi *VS* qism gazning siqilish darajasi to‘yingan bug‘ hosil qilish darajasiga erishganligiga qaramay u hali kondensatsiyalashib ulgurmagan holatni ifodalaydi. Shuning uchun ham bu holatga o‘ta to‘yingan bug‘ deyiladi. Bu izotermadagi *FE* holatga amalda erishish juda murakkab. Bu holat *LF* holatning davomidan iborat bo‘lganligi uchun bu holatga o‘ta qizigan suyuqlik ham deb ataydilar.

Nazariy izotermadagi *DS* holat deyarli amalda hosil qilib bo‘lmaydigan, nostabil holatdir. *FE* va *VS* holatlarga nostabil holat deyiladi.

Tajribada Van-der-Vaals nazariy izotermasining *FECB* qismlari kuzatilmasdan faqat *LFDBA* izoterma kuzatiladi. Ammo *FDB* chizig‘ining vaziyatini Van-der-Vaals tenglamasidan aniqlab bo‘lmaydi. Boshqacha aytganda, berilgan temperaturadagi to‘yingan bug‘ bosimining muvozanatli P_m qiymatini aniqlab bo‘lmaydi.

Van-der-Vaals izotermasidagi bu bosim holatini aniqlash usulini Maksvell ko‘rsatgan edi. Uningcha *F* holatdan *B* holatga o‘tishi *FEDCB* Yo‘l bilanmi yoki *FDB* Yo‘l bilanmi amalga oshirilishidan qat’iy nazar bir xil ish bajarilishi kerak. Shunday ekan *PV* diagrammadagi *FED* chiziqlar bilan chegaralangan yuza *DCB* chiziqlar bilan chegaralangan yuzaga teng bo‘lishi kerak. Ana shu yuzalarning tenglik shartidan *FDB* chiziqning holati topiladi.

9-MAVZU: ISSIQLIK MIQDORI. TEMPERATURA.

Jismning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisiga ***ichki energiya*** deyiladi.

Molekulyar fizikada ideal gaz molekulalarining potensial energiyalari hisobga olinmaganligi sababli ideal gaz kenetik energiyasi uning ichki energiyasiga taqriban teng deb olish mumkin → $U \approx E_k$

Solishtirma issiqlik sig’imi

- Issiqlik uzatilishi jarayonida jismning olgan yoki yo‘qotgan ichki energiya miqdoriga ***issiqlik miqdori*** deyiladi.

Berilgan moddani haroratini 1K ga oshirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga issiqlik sig’imi deyiladi. → $\boldsymbol{Q = mC}$

- Berilgan 1kg massali moddani haroratini 1K ga oshirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga ***solishtirma issiqlik sig’imi*** deyiladi:

$$\boldsymbol{Q = mc(t_2 - t_1);\ \ Q = mc\Delta t;\quad \Delta t = t_2 - t_1 - harorat\ farqi}$$

$\boldsymbol{c}-$ solishtirma issiqlik sig’imi

Suvning solishtirma issiqlik sig’imi $c = 4200\,\frac{J}{kg}$ ga teng

$\boldsymbol{t_{um} = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}}$	Bir xil moddalar aralashmasining haroratini aniqlash
$\boldsymbol{t_{um} = \frac{t_1 + t_2}{2}}$	Bir xil suyuqliklar har xil haroratda va bir xil massaga ega bo‘lsa ularni aralashtirilganda hosil bo‘lgan haroratni topish formulasi
$\boldsymbol{t_{um} = \frac{m_1 c_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}}$	Turli xil moddalar aralashmasining haroratini aniqlash
$\boldsymbol{\Delta t = \frac{\vartheta^2}{2c}}$	ϑ tezlikda kelayotgan avtomobil tormoz berganda avtomobil kolotkalarining

	qanchaga qiziganligini aniqlash
$\Delta t = \frac{\vartheta^2}{2c} = \frac{E}{2mc} = \frac{gh}{c}$ $\Delta t = \frac{I^2Rt}{2mc} = \frac{Nt}{2mc}$	Turli holatlarda c solishtirma issiqlik sig'imiga ega bo‘lgan suyuqlikni Δt ga isitishini aniqlash
$\eta = \frac{m_{suv}c\Delta t}{m_{yoqilg'i}q}$	Qozonning issiqlik berish qobiliyatini aniqlash
$\eta = \frac{m_{suv}c\Delta t}{I^2Rt}$	Foydali ish koeffitsienti η bo‘lgan elektr choynakda suvni Δt ga isitishda formula
$\eta = \frac{SN}{\vartheta q m_{yoqilg'i}}$	Avtomobil ϑ tezlikda yoqilg'I sarflasa motorining FIK ni aniqlash

Solishtirma erish issiqligi

Erish haroratida olingan 1kg massali moddani to'liq eritish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga ***solishtirma issiqligi*** deyiladi.

$$Q = m\lambda\ ;\ \lambda - solishtirma\ erish\ issiqligi.$$

Muzning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330000\frac{J}{kg}$ ga teng

- Qattiq jismning suyuq holatga o‘tishii jarayoni erish deyiladi.
- Kristallarning amorf moddalardan farqi shundaki, ular aniq erish temperaturasiga ega.
- Kristalll jismlarning erish jarayonida temperaturasi o‘zgarmaydi. Jumladan muz to'la ravishda suvga aylangunga qadar, uning temperaturasi o‘zgarmaydi, ya'ni 0℃ ga tengligicha qoladi.
- 1kg moddani o‘zgarmas temperaturada va o‘zgarmas bosimda eritish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdoriga teng bo‘lgan kattalikka solishtirma erish issiqligi deyiladi.
- Ko'pchilik moddalarning erish paytida hajmi ortib qotish paytida esa hajmi kamayadi.

- Ba’zi moddalarning erish paytida hajmi kamayib qotayotganda ortadi.
- Erish issiqligi jism massasiga to‘g‘ri proporsional : $\boldsymbol{Q = m\lambda}$ bu yerda $\lambda -$ jismning solishtirma erish issiqligi
- Jism eriyotganda temperaturasi o‘zgarmaydi.
- Eriyotganda issiqlik yutiladi va jismning ichki energiyasi ortadi.
- Jism qotayotganda issiqlik ajralib chiqadi va jismning ichki energiyasi kamaydi.

Solishtirma bug’lanish issiqligi

Qaynash haroratida olingan 1kg massali moddani to’la bug’lantirib yuborish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga ***solishtirma bug’lanish issiqligi*** deyiladi.

$$\boldsymbol{Q = mL}$$

$L -$solishtirma bug’lanish issiqligi. Suv uchun $L = 2.3 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$

- Moddaning suyuq holatdan gaz holatiga o‘tishi jarayoniga ***bug’lanish*** deyiladi.
- Moddaning gazsimon holatidan suyuq holatga o‘tishi jarayoniga ***kondensatsiya*** deyiladi.
- Bug’ hosil bo‘lish jarayoni modda ichki energiyasining ortishi bilan bog‘liq bo‘lsa, kondensatsiya jarayoni modda ichki energiyasining kamayishi bilan bog‘liq bo‘ladi. Ravshanki bug’ hosil bo‘lishi ham, kondensatsiya ham, modda bilan uni o’rab turgan muhit orasida energiya almashinishi mavjud bo‘lgan holdagina ro‘y beradi.
- Bug’lanish jarayoni molekulalarning kinetik energiyasi hisobiga sodir bo‘lganligi sababli, bug’lanish ro‘y berayotgan suyuqlikning temperaturasi doimo pasayadi.
- Qattiq jismlarning bug’lanishiga sublimatsiya deyiladi. Qattiq jismning sublimatsiyasini hididan bilish mumkin. Naftalin yoki kofening hidini eslash kifoya.
- Bug’lanish jarayoni hamma temperaturalarda ro‘y beradi.
- O‘zgarmas temperatura va o‘zgarmas bosimda birlik massadagi suyuqlikni to’la bug’lantirish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdoriga solishtirma bug’lanish issiqligi deyiladi.

- O‘z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug’ga to’yingan bug’ deyiladi.
- To’yingan bug’ bosimi hajmga bog‘liq emas, u temperaturaga bog‘liq: P=nkT
- Gazni siqish Yo‘li bilan suyuqlikka aylantirib bo‘lmaydigan eng past temperaturaga kritik temperatura deyiladi.

Solishtirma yonish issiqligi

Berilgan 1kg massali yoqilg’i to’liq yonib tugaganda, undan ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga teng bo‘lgan fizikaviy kattalikka ***solishtirma yonish issiqligi*** deyiladi.

$\boldsymbol{Q = mq}$; $\boldsymbol{q}$ **−solishtirma yonish issiqligi**

Yoqilg’idan ajralib chiqqan issiqlik miqdori, yoqilg’ining ichki energiyasi hisobiga hosil bo‘ladi.

Solishtirma yonish issiqligi turli moddalar uchun har-xil qiymatga ega.

- Metall disk o’rtasidan doira ko‘rinishida bo‘lak qirqib olingan. Agar disk isitilsa, tirqish kengligi kattalashadi. Sovitilsa, kichrayadi, chunki ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi masofa issiqlikdan ortadi, sovisa kichrayadi. Demak tirqish diametri ham shunday
- Metal halqadan d qirqim qirqib olindi agar jism isitilsa bu masofa ortadi. Sovitilsa kichrayadi. Chunki ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi masofa issiqlikdan ortadi. Sovisa kichrayadi. Demak qirqim ham shunday.
- Metall diskning sektor ko‘rinishidagi qismi qirqib olingan. Agar disk sovitilsa yoki isitilsa metal xalqani o’lchami kichrayadi yoki kattalashadi. α burchak o‘zgarmaydi.
- Metall jism yuqori haroratgacha qizdirilsa massa defektidagi kichik o‘zgarish hisobga olinmaganda jismning hajmi ortadi zichligi kamayadi, massa o‘zgarmaydi.
- Metall plastinkaga kvadrat chizildi, agar plastinka qizdirilsa kvadrat o’lchami kattalashadi. Shakli esa kvadratligicha qoladi. Agar plastinka sovitilsa kvadrat o’lchami kichiklashadi shakli esa o‘zgarmaydi.

- Metall plastinkaga doira chizilgan agar plastinka qizdirilsa, doira o'lchami kattalashadi, shakli esa doiraligicha qoladi. Agar plastinka sovitilsa, doira o'lchami kichiklashadi, shakli o'zgarmaydi.
- Metall jism past haroratgacha sovitilsa (massa defektidagi kichik o'zgarish hisobga olinmasa) jismning hajmi kamayadi. Zichligi ortadi, massasi o'zgarmaydi.

10-MAVZU: TERMODINAMIK JARAYONLAR VA ULARNING QONUNIYATLARI.

Jismning ***ichki energiya***si deb undagi zarrachalarning harakat va o'zaro ta'sir energiyasini hamda jism ichida issiqlik muvozanatini ta'minlovchi nurlanish energiyasini tushunamiz. Termodinamik usulga asosan jism bir holatdan ikkinchi holatga o'tganida ichki energiyasining o'zgarishi jismni bir holatdan ikkinchi holatga o'tkazish uchun berilishi zarur bo'lgan issiqlik va sarflanishi zarur bo'lgan ish yig'indisi bilan o'lchanadi.

Termodinamikaning birinchi qonuni shunday deydi: ***sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini o'zgarishiga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishga sarflaydi.***

$$\Delta Q = U_2 - U_1 + A, \quad (10.1)$$

ΔQ — sistemaga berilgan issiqlik miqdori, U_1 va U_2 - sistema ichki energiyasining oldingi va keyingi qiymatlari, A — sistemaning tashqi jismlar ustida bajargan ishi.

Q va A algebraik kattaliklar va ular holat funksiyalari emas. (5.1) dan ko'rinadiki Q ning birligi ish yoki energiya birligidan kelib chiqadi, XBS da issiqlik miqdorining o'lchovi — Joul.

Termodinamikaning 1-qonuni ***izoxorik protsess*** uchun:

$$\Delta Q = \Delta U, \quad (10.2)$$

ko‘rinishda yoziladi. Ya’ni gazga berilgan issiqlik miqdorining hammasi ichki energiyaga aylanadi.

Agar *pq const* bo‘lsa, u holda hajm V_1 dan V_2 ga o‘zgarganda gazning bajargan ishi

$$A = P*(V_2-V_1), \qquad (10.3)$$

bo‘lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonuni bu protsess uchun quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta Q = U_2-U_1 + P*(V_2-V_1), \qquad (10.4)$$

Izotermik protsess uchun $T = \text{const}$ ekanligidan, $U_1 = U_2$ bo‘ladi. Demak sistemaga berilgan issiqlik miqdori gazning kengayish ishi bajarishi uchun sarf bo‘ladi:

$$\Delta Q = A = P*(V_2-V_1), \qquad (10.5)$$

IDEAL GAZNING ICHKI ENERGIYASI VA ISSIQLIK SIG’IMI

Ideal gaz molekulalari bir-biri bilan o‘zaro ta’sirlashmaydilar. SHu sababli bunday gazning ichki energiyasi ayrim molekulalar energiyalarining yig‘indisiga teng bo‘ladi. Biz bir mol gaz uchun ichki energiyani shunday yozamiz:

$$U = \frac{i}{2} RT \ . \qquad (10.6)$$

U holda ixtiyoriy massali gaz uchun ichki energiya quyidagicha bo‘ladi:

$$U = \frac{m}{\mu}\frac{i}{2}RT \ . \qquad (10.7)$$

Ichki energiya bilan ***issiqlik sig'imi*** bog‘langan. Biror jismning ***issiqlik sig'imi*** deb shu jismning temperaturasini bir gradus Kelvinga oshirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga aytiladi. Birligi ***J/K***.

Modda massasi birligining issiqlik sig'imi ***solishtirma issiqlik sig'imi*** deyiladi. Birligi 1***J/(K*kg)***. Gazlarda issiqlik sig'imini aniqlaganda isitish sharoitiga qaraladi. Agar isitish vaqtida gaz hajmi o‘zgarmasa, bunday issiqlik sig'imi ***o‘zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi*** S_v deyiladi. Agar isitish vaqtida bosim o‘zgarmasa, ***o‘zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi*** S_r deyiladi.

Bir mol gazning issiqlik sig'imi S_v quyidagiga teng:

$$C_v = \frac{i}{2}R. \qquad (10.8)$$

Demak,

$$c_V = \frac{C_v}{M} = \frac{i}{2}\frac{R}{M}, \qquad (10.9)$$

yoki

$$C_P - S_V = R, \qquad (10.10)$$

kelib chiqadi.

Issiqlik sig'imining nazariyasi kvant nazariyasi asosida tushuntiriladi.

11-MAVZU: TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI. QAYTAR VA QAYTMAS JARAYONLAR.

Termodinamikada muvozanatli va qaytuvchan jarayonlar katta rol o'ynaydi. Shu sababli bunday jarayonlar bilan tanishamiz. Agar 1 - holatdan 2 - holatga o'tgan sistema uchun 2 - holatdan 1 - holatga shunday o'tishi jarayoni mavjud bo'lsa-ki, bunda sistema birinchi jarayonning barcha holatlari orqali teskari tartibda o'tib dastlabki holatiga qaytsa va bunda sistemada ham, atrof muhitda ham, hech qanday o'zgarish alomati qolmasa, sistemaning bunday o'tishi jarayoni ***qaytar jarayon*** bo'ladi. Aks holda yshbu jarayon qaytmas jarayon bo'lib qoladi. Umuman, tabiatda qaytar jarayonlar yo'q. Real jarayonlarning hammasi qaytmas bo'ladi. Qaytar jarayon — bu ideallashgan tushunchadir. Masalan, matematik mayatnikning ishqalanishsiz tebranadi deb faraz etsak, bu qaytar jarayonga misol bo'la oladi. Har qanday muvozanatli jarayon qaytuvchan bo'ladi. Misol uchun gaz c_1 holatdan s_2 holatga o'tishii uchun uni kengaytirsak, so'ng uni yana siqib dastlabki holatga qaytarsak, va uni R, V grafigida tasvirlasak, yopiq egri chiziqni olamiz. Bunday jarayonni aylanma jarayon, ya'ni sikl deyiladi. Sikllar to'g'ri va teskari bo'ladi. To'g'ri siklda kengayish va siqish jarayonlari orasidagi issiqlik miqdorining ayirmasi hisobiga gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi. Bunday siklda ishlaydigan mashinalar ***issiqlik mashinasi*** deyiladi va ular uchun foydali ish koeffitsienti η shunday bo'ladi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \qquad (11.1)$$

bu yerda Q_1- isitkichdan olingan va Q_2 — sovutkichga berilgan issiqlik miqdorlari.

Aks holdagi jarayonni ***teskari sikl*** deyiladi. Teskari siklda ishlaydigan mashinalari ***sovutkich mashinalari*** deyiladi.

Biz ko'rgan jarayonlar termodinamikaning 2-qonuni bilan tavsiflanadi. Termodinamikaning 2-qonuni ta'rifini har xil olimlar turlicha berganlar, lekin ularning fizik ma'nosi bir xildir. Bu qonun ta'rifi:

Birdan bar natijasi issiqlikning batamom ishga aylantirishdan iborat bo‘lgan jarayonni amalga oshirib bo‘lmaydi.

Bu qonunni yana shunday ta’riflari bor:

1) Klaizius: Issiqlik o‘z-o‘zidan sovuq jismdan issiq jismga o’tavermaydi.

2) Tomson (Kelvin): Biror jismni issiqligini bu jismni sovutishdan boshqa hech qanday ta’sir ko‘rsatmasdan ishga aylantirib bo‘lmaydi.

3) Ostvald: Ikkinchi jins abadiy dvigatelni amalga oshirib bo‘lmaydi, ya’ni issiqlikni to’la ishga aylantiradigan mashinani qo’rib bo‘lmaydi.

4) Bolsman: Tabiat ehtimoli kam bo‘lgan holatdan ehtimoli ko’proq bo‘lgan holatga o‘tishiga intiladi.

Termodinamikaning 1-va 2-qonunlari empirik qonunlardir. Termodinamikaning 2-qonuni faqat ma’lum chegaragacha to‘g‘ri bo‘ladi.

Termodinamikaning asoschilaridan biri Saddi Karno ***foydali ish koeffitsienti*** eng katta bo‘lgan siklni taklif etgan. Bu siklni Saddi ***Karno sikli*** deyiladi. U ikki izoterma va ikki adiabatadan iborat bo‘lgan qaytuvchi aylanma jarayondir. Karno siklining foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \qquad (11.2)$$

ifoda yordamida aniqlanadi, bu yerda T_1 – isitkichning va T_2 – sovutkichning termodinamik temperaturalari.

12-MAVZU: SUYUQLIKLAR VA GAZLAR MEXANIKASI ELEMENTLARI.

Bitta mixni olib, yupqa taxtaga uchini qaratib, orqasiga bolg‘a bilan urilsa, mix taxtaga oson kiradi. Agar taxtaga mixni qalpog‘i tomoni bilan qo‘yib uchiga bolg‘a bilan urilsa, mix taxtaga kirmaydi. Har ikkala holda ham bolg‘aning zarb kuchi bir xil bo‘lsa-da, natija har xil bo‘lishiga sabab nima? Buning sababi

shundaki, mixning taxtaga kirishi kuch kattaligidan tashqari, qo‘yilgan yuzaga ham bog‘liq bo‘lar ekan.

Yuza birligiga tik ravishda qo‘yilgan kuchga to‘g‘ri keladigan fizik kattalikka *bosim* deyiladi.

$$\boldsymbol{p = \frac{F}{S}}\ ;\ p - bosim\ ,\qquad F - bosim\ kuchi\ ,\quad S - kuch\ qo'yilgan\ yuza$$

Bosimning asosiy birligi $\rightarrow [p] = 1\frac{N}{m^2} = 1Paskal$ (qisqacha 1Pa. Bu birlik fransuz olimi Blez Paskal (1623-1662) sharafiga qo’yilgan) Bosim tabiatda va texnikada katta ahamiyatga ega. Pichoqlar va qaychilar yaxshi kesishi uchun, bosimni orttirish maqsadida, yuzasini qayrab kichiklashtiriladi. Ignalarning uchlarida, knopkada ham bosimni orttirish uchun yuza kichiklashtiriladi. Aksincha, bosimni kamaytirish uchun yuzani kattalashtiriladi. Og‘ir yuk ko‘taradigan mashinalarning balonlari, yengil mashinalarnikiga nisbatan enliroq bo‘ladi. Qalin qorda yurganda botib ketmaslik uchun oyoqqa chang‘i bog‘lanadi. Ko‘p qavatli binolarning poydevori ham keng qilib quriladi.

Endi suyuqliklardagi bosimni hosil bo‘lishini ko‘rib chiqaylik:

Quyidagi tajribani o‘tkazib ko‘ring. Iste’molda bo‘lgan bir marta ishlatiladigan shpris va bolalar puflaydigan sharni oling. Shpris ignasini sharchaga bir necha marta sanchib oling. Sharcha ichiga suv quyib, og‘zini ignasi olingan shprisga kiydiring. Shpris porshenini asta-sekin bosing. Bunda shar ichidagi bosim ortadi. Sharcha teshikchalarining barchasidan suv otilib chiqa boshlaydi. Demak, porshen orqali berilgan bosim suyuqlik yoki gazda faqat porshen yo‘nalishida emas, balki hamma tomonga uzatilar ekan. Bu qonuniyatni 1653-yilda fransuz olimi *Blez Paskal* o‘rgangan. Qonun quyidagicha ta’riflanadi:

- Og‘irlik kuchini hisobga olmaganda, *suyuqlik* yoki *gaz* zarralarining idish devorlariga bergan bosimi hamma yo‘nalishda bir xil bo‘ladi.

Suyuqlik yoki gaz o‘ziga berilgan tashqi bosimni uni tashkil qilgan zarralari orqali uzatadi. Zarralar bosimni uzatishi uchun ular harakatda bo‘lishi kerak. Haqiqatan ham, ko‘pgina hodisalar (havoda hidning tarqalishi, suvda siyohning erishi)

suyuqlik va gaz zarralarining harakatda ekanligini tasdiqlaydi. Zarralar harakati tufayli idish devorlariga urilib, ichki bosimni hosil qiladi. Ichki bosim uchun Paskal qonuni quyidagicha ta’riflanadi.



BLEZ PASKAL

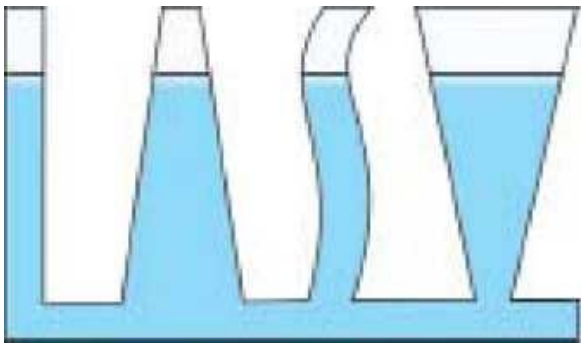
Paskal qonunidan texnikada keng foydalaniladi. Barcha avtomobillarda, poyezdlarda qo‘llaniladigan tormozlash sistemasi, yer qazuvchi, yuk ortuvchi traktorlarda gidravlik press deb ataluvchi qurilma prinsipi qo‘llaniladi.

Paskal qonuni: Suyuqlik va *gaz* o‘ziga berilgan tashqi bosimni hamma tomonga o‘zgarishsiz uzatadi.

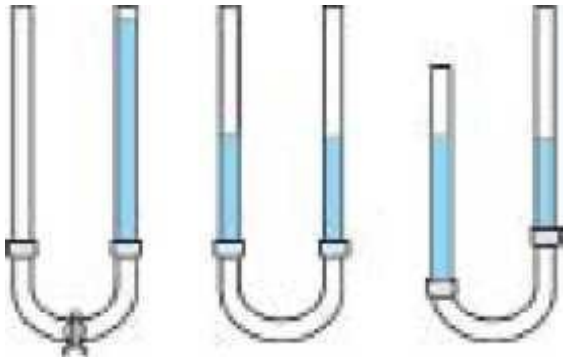
Yuqorida suyuqlik va gazlarda ichki bosim mavjudligini ko‘rdik. Bu bosimni ***tinch holatdagi bosim*** deb ham aytiladi. Suyuqlik yoki gazni tashkil etgan zarralar o‘z og‘irliklariga ega bo‘ladi. Shunga ko‘ra, har bir qatlam o‘z og‘irligi bilan pastdagi qatlamni bosadi. Ular to‘planib idish tubiga beriladi. Bu bosimni, shuningdek, *gidrostatik bosim* deb ham yuritiladi.

$$\mathbf{p = \rho hg}\ ;\ p - \text{gidrostatik bosim}\quad \rho - \text{suyuqlik zichligi}\ ;$$
$$h - \text{suyuqlikning}\quad \text{balandligi}\ ;$$
$$g = 9{,}81 m/s^2$$

Unga ko‘ra, suyuqlikning idish tubiga bergan bosimi, yuzaga bog‘liq



3-rasm



4-rasm

bo‘lmasdan, faqat suyuqlik balandligiga bog‘liq bo‘lar ekan. Buning isbotini quyidagi tajribada ko‘rish mumkin. 3-rasmda shakli va idish tubining yuzasi turlicha bo‘lgan shisha naylar keltirilgan. 1 nayga ma’lum bir balandlikkacha suv

quyilsa, qolgan naylardagi suv sathi ham shu naydagi suv sathi bilan bir xil bo‘lishi kuzatiladi.

Tublari tutashtirilgan idishlar sistemasiga ***tutash idishlar*** deyiladi. Tutash idishlarga choynak, vodoprovod tizimini misol sifatida keltirish mumkin. Quyidagi tajribani o‘tkazaylik. Ikkita shisha nay olib, ularni rezina shlang yordamida ulaylik (4- rasm). Rezina shlang o‘rtasini qisqich bilan mahkam siqib, bir tomoniga suv quyaylik. So‘ngra qisqichni olib qo‘ysak, suv bir tomondan ikkinchi tomonga oqib, ikkala tomonda bir xil sathda qolganligini ko‘ramiz. Naylardan birini o‘z holida qoldirib, ikkinchi tomonini pastga yoki yuqoriga siljitsak, suyuqliklar sathi bir xilligicha qoladi. Bundan *tutash idishlar qonuni kelib chiqadi:*

Har qanday shakldagi tutash idishlarning tirsaklaridagi bir jinsli suyuqlik ustunlarining balandliklari bir xil bo’ladi.

Agar tutash idishlarga turli xil suyuqliklar quyilsa nima bo‘ladi? Masalan, naylardan biriga yog‘, ikkinchisiga suv quyilsa, suyuqliklar sathi har xil bo‘ladi. Bunda suyuqliklar balandliklari nisbati, suyuqliklar zichliklari nisbati bilan quyidagicha munosabatda bo‘ladi:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \leftarrow tutash\ idishdagi\ suyuqliklarning\ muvozanat\ sharti$$

Shunday qilib, zichligi katta bo‘lgan suyuqlik ustunining balandligi, zichligi kichik bo‘lgan suyuqlik ustunining balandligidan kichik bo‘ladi. Demak, yog‘ quyilgan nayda suyuqlik ustuni suv quyilgan tomoniga nisbatan katta bo‘ladi.

ATMOSFERA BOSIMI. TORRICHELI TAJRIBASI

Suyuqlikning idish tubiga bosim berishini yuqorida ko‘rib chiqdik. Gazlar ham xuddi shunday bosim beradimi? Ular bosim berishi uchun massaga, ya’ni og‘irlikka ega bo‘lishi kerak. Gazlar oz miqdorda bo‘lsada og‘irlikka ega. Buni tajriba o’tkazib aniqlash mumkin. Yaxshi damlangan koptokni olib tarozida massasini o‘lchang, so’ngra koptokni havosini chiqarib tashlab, massasini o’lchab ko‘ring. Albatta ichida havosi bo‘lmagan koptokning massasi, damlangan koptokning massasidan kam chiqadi. Demak, havo ham ma’lum massaga ega

ekan.

Ma’lumki, Yerni havo qatlami o‘rab turadi. U atmosfera deb ataladi. Demak, havo o‘z og‘irligi bilan Yer yuzasiga bosim berishi kerak. Bu bosim atmosfera bosimi deb ataladi. Atmosfera bosimining mavjudligiga quyidagi tajribalarni o‘tkazib ishonch hosil qilish mumkin:

Ishlatilgan tibbiyot shprisini olib, porshenini eng quyi holatga keltirib, igna uchini suvga tushiramiz. Porshen yuqoriga ko‘tarilsa, suv ham porshen ortidan ko‘tariladi. Suv nima sababdan ko‘tariladi? Ko‘zga dori tomizishda ishlatiladigan tomizgich (pipetka) uchini suvga tushirib, orqa rezinasini bir siqib olinsa, pipetka ichiga suv kiradi. Pipetka suvdan olinganda, undagi suv to‘kilmasdan turadi. Nega suvning og‘irligi bo‘lsa ham suv to‘kilmaydi? Bularning sababi, atmosfera bosimining ta’siridir. Shpris porsheni ko‘tarilganda, suv ko‘tarilmasa, porshen va suv orasida bo‘shliq paydo bo‘lar edi. Bo‘shliq suvga hech qanday ta’sir ko‘rsatmaydi. Pastdagi idishdagi suvga atmosfera bosimi ta’sir ko‘rsatib, suvni porshen orqasidan ko‘tarilishga majbur qiladi. Pipetkadagi suv ham atmosfera bosimi tufayli to‘kilmaydi.

Atmosfera bosimini birinchi marta italiyalik olim E. Torrichelli (1608-1647) o‘lchagan. Buning uchun uzunligi 1 m bo‘lgan bir uchi berk shisha nay olinib, uni simob bilan to‘ldiriladi. So‘ngra ochiq uchini qo‘l bilan berkitib, to‘nkarilgan holda, simobli idishga tushiriladi. Barmoq olinganda shisha naydagi simobning bir qismi to‘kiladi. Nayning yuqori qismida havosiz bo‘shliq qolib, to‘kilmagan qismining balandligi taxminan 760 mm bo‘ladi (pastki idishdagi simob sathidan o‘lchanganda).

1atmosfera bosimi taqriban 101360 Paskalga teng. Ba’zan 10^5Pa olinadi.

Bunda ham naydagi simobning to‘kilmasligiga sabab, simob ustunining idishdagi simobga bergan bosimining atmosfera bosimi bilan muvozanatlashishidir. Demak, atmosfera bosimini naychadagi simob ustuni bergan bosim bilan o‘lchash mumkin ekan. Hozirgi kunda 0°C da turgan balandligi 760

mm bo‘lgan simob ustunining bosimini normal atmosfera bosimi sifatida qabul qilingan. Radio yoki televideniyeda ob-havo ma’lumotlari berilganda, atmosfera bosimini mm. sim. ust. larida ifodalab aytiladi. p=ρgh formuladan foydalanib, normal atmosfera bosimini paskallarda ifodalash mumkin. Bunda p ni aniqlash uchun $\rho_{simob} = 13600\frac{kg}{m^3}$; $g = 9{,}81\frac{m}{s^2}$; $h = 76sm$

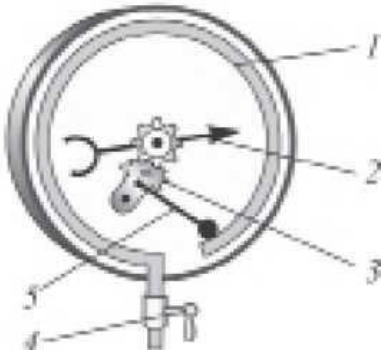
Qiymatlarni **p = ρgh formulaga qo’yamiz:**

$p = 13600\frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}76m = 101360Pa$; Torrichelli o‘z tajribasida naychadagi simob ustunining ob-havo o‘zgarishi bilan o‘zgarishiga e’tibor bergan. Bundan tashqari, atmosfera bosimi balandlik ortishi bilan ham kamayib boradi. Uncha katta bo‘lmagan balandliklarda har 12 m ko‘tarilganda, bosim 1 mm sim. ust. ga kamayishini aniqlangan. Torrichelli tajribasini simob o‘rniga boshqa suyuqlik bilan o‘tkazilsa nima bo‘ladi? Boshqa suyuqliklarning zichligi simobnikidan ancha kichik bo‘lganligidan, suyuqlik ustunining balandligi katta bo‘ladi. Shunday suvli barometrda suyuqlik ustunining balandligi 10 m dan ko‘p bo‘ladi. Atmosfera bosimiga nisbatan kattaroq yoki kichikroq bosimlarni o‘lchashda manometrdan foydalaniladi. Manometrlar suyuqlikli va metalli bo‘ladi. Suyuqlikda ishlaydigan oddiy manometr U ko‘rinishdagi naydan iborat bo‘lib, uning yarmigacha suyuqlik quyiladi (5-rasm).



5-rasm





6-rasm

Nayning bir uchi ochiq, ikkinchisi esa bosimi o‘lchanadigan idishga rezina shlang orqali ulanadi. Shlang uchiga silindr shaklida idish kiydirilib yupqa rezina plyonka qoplanishi ham mumkin. Plyonkaga bosilsa, naylardagi suyuqlik ustunlari farqi hosil bo‘ladi. Metall manometrning asosiy elementi (1) yoy shaklidagi nay

bo‘lib, bir uchi berk (6-rasm). Ikkinchi uchi (4) jo‘mrak orqali bosim o‘lchanadigan idishga tutashtirilgan. Jo‘mrak ochilganda nay ichidagi bosim ortib egiladi. Egilish richag (5) va tishli g‘ildiraklar (3) orqali strelkaga (2) beriladi. Aneroid barometrlar suyuqliksiz ishlaydi. Aneroid – “suyuqliksiz” degan ma’noni bildiradi.

Atmosfera bosimini o‘lchaydigan asbobga barometr **deyiladi.**

ARXIMED QONUNI VA UNING QO’LLANILISHI

Suvga mix yoki kichkina tosh tashlansa, cho‘kib ketadi. Lekin katta yog‘och g‘o‘la, qayiq va ulkan kemalar suvda suzib yuradi. Bunga sabab nima? Quyidagi tajribani o‘tkazib ko‘raylik. Dinamometrga suvda cho‘kadigan biror jismni osib, uning og‘irligini o‘lchaylik. So‘ngra uni suvli idishga tushiraylik. Bunda dinamometr ko‘rsatishi kamayganligini ko‘ramiz. Agar jism zichligi suvnikidan katta bo‘lgan boshqa suyuqlikka botirilsa, dinamometr ko‘rsatishi yanada kamayadi.

- Suyuqlik va gazlarga botirilgan jismga suyuqlik va gazlar tomonidan ta’sir etuvchi ko’taruvchi kuch Arximed kuchi deyiladi.
- Suyuqlik yoki gazlarga botirilgan jism o‘z hajmiga teng suyuqlik yoki gazni siqib chiqaradi. Bu siqib chiqarilgan suyuqlik yoki gazning og‘irligi son jihatdan Arximed kuchiga teng bo‘ladi. $\boldsymbol{F_A = \rho_{suy} V_{jism} g}$

Suzish shartlari:

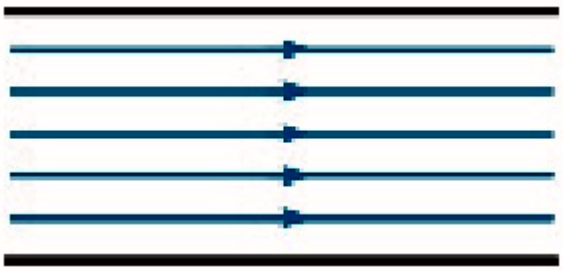
1.Agar Arximed kuchi jism og‘irligidan katta bo‘lsa, jism suyuqlikda qisman botgan holda suzib yuradi.

2.Agar Arximed kuchi jism og‘irligiga teng bo‘lsa, jism suyuqlik ichidagi istalgan joyda muallaq holda qoladi.

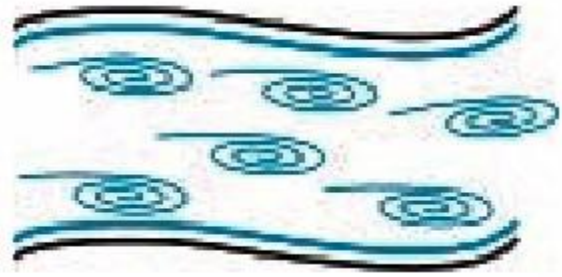
3.Agar Arximed kuchi jism og‘irligidan kichik bo‘lsa, jism suyuqlikda cho‘kadi.

Harakatlanuvchi suyuqlik va gazlarning jismga ta’siri

Siz tinch holatda turgan suyuqlik va gazlarning idish devoriga bosim berishi haqida bilib oldingiz. Tabiatda va turmushda suyuqlik tinch holatdan tashqari

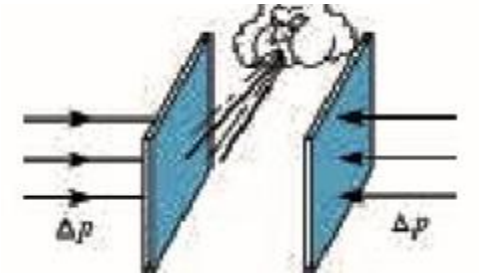


7-rasm



8-rasm

harakatda ham bo‘ladi. Ariq, kanal, daryolar va vodoprovod quvurlarida oqayotgan suvda qanday kuchlar vujudga keladi? Buni o‘rganish uchun ariqda oqayotgan suv yuzasi holatini bir eslab ko‘raylik. Suvi mo‘l, keng kanalda sekin oqayotgan suvning o‘rta qismi bir tekisda, taxminan bitta chiziq bo‘ylab, harakat qiladi. Buni suvda birga oqib kelayotgan cho‘plar harakatini kuzatib ishonch hosil qilish mumkin (7-rasm). Bunday oqim qatlamli yoki laminar oqim deyiladi. Tog‘dan tushib kelayotgan ariq suvi tez oqadi. Unga tashlangan mayda cho‘plar, barglar harakati kuzatilsa, ko‘p chilik joylarida girdob, ya’ni uyurma ko‘rinishidagi harakatlar hosil bo‘ladi (8-rasm.) Bunday oqimga turbulent oqim deyiladi. Demak, suyuqlik biror-bir nayda oqqanda suyuqlikning nay devorlariga ishqalanishi tufayli qatlamlarning siljishi nayning o‘rta qismida tezroq, chetki qismlarida sekinroq bo‘lar ekan. Suyuqlik tinch holatda turganiga nisbatan harakat holatida qo‘shimcha bosim hosil bo‘ladi. Bu bosimga dinamik bosim deyiladi. Bosim suyuqlik yoki gazning tezligiga qanday bog‘liq bo‘ladi? Buning uchun quyidagicha tajriba o‘tkazaylik. Ikki varaq qog‘oz olib, tik



9-rasm



10-rasm



11-rasm

holatda ushlaylik. So‘ngra qog‘oz orasiga puflaylik (9-rasm). Shunda qog‘ozlar bir-biriga tomon intilib yaqinlashadi. Buning sababi shundaki, qog‘ozlar orasidagi havo puflash natijasida harakatga keladi va u joydagi bosim kamayadi. Qog‘ozlarning tashqi tomonidagi bosim, ichki qismidagidan katta bo‘lib qolganligi tufayli, qog‘ozlarni siquvchi kuch paydo bo‘ladi. Bahor paytida uchiriladigan varraklaringizning osmonga ko‘tarilishining sababi ham bosimlar farqi hosil bo‘lishidadir. Bunda varrak osti va ustki qismidan o‘tuvchi shamol tezligi turlicha bo‘lganligidan ko‘taruvchi kuch paydo bo‘ladi (10-rasm). Bir tomonga harakatlanayotgan ikkita kema ba’zan hech qanday sababsiz to‘qnashib ketganligi kuzatilgan. Buning sababini ham xuddi ikkita qog‘oz varag‘i orasiga puflanganida bosimlar farqi hosil bo‘lishi bilan tushuntiriladi. Samolyotlarning parvozi ham aynan shu hodisani o‘rganish tufayli amalga oshirildi. Buni samolyot qanotining maxsus tuzilishi bilan tushuntiriladi (11-rasm). Samolyot qanotiga kelib urilayotgan shamol, qanotning ostki va ustki tomonidan o‘tadi. Ustki qismida shamol o‘tishii kerak bo‘lgan Yo‘l pastki qismidan ko‘proq. Shu sababli ustki qismida shamol tezligi pastkisidan kattaroq bo‘lishi kerak. Demak, shamol tezligi katta bo‘lgan joydagi bosim p_1 shamol tezligi kichik bo‘lgan ostki qismidagi bosim p_2 dan kichik bo‘ladi. Natijada pastdan yuqoriga yo‘nalgan bosimlar farqi $p=p_2-p_1$ hosil bo‘ladi. Oqim turbulent bo‘lsa, bosimlar farqi shuncha katta bo‘ladi. Bunga samolyot qanotini ko‘taruvchi kuch deyiladi. Futbol maydonida burchakdan tepilgan to‘ping burilib darvozaga kirganini televizorda yoki stadionda kuzatganlar ko‘p. To‘pning burilishiga nima majbur qiladi? Bunga sabab shuki, to‘pning o‘rtasiga emas, balki biroz chetrog‘iga tepgan usta futbolchi uni to‘g‘ri harakati davomida aylanishiga majbur qiladi. Natijada to‘pning chap va o‘ng tomonidagi havo oqimining tezligi o‘zgaradi va bosimlar farqi hosil bo‘lib, to‘pni darvoza tomonga buradi.

13-MAVZU: SUYUQLIKLAR XOSSALARI.

Real gazlarda molekulalararo ta’sir kuchlari uncha katta bo‘lmagan bosim va past temperaturalarda sezilarli rol o‘ynasa, suyuqliklarda ular asosiy rol o‘ynaydi.

Shuning uchun suyuqliklarda molekulalararo ta’sir potensial energiyasi qariyb ularning kinetik energiyasiga teng. Suyuqliklarda ichki bosim $P' = \frac{a}{V^2}$ gazlardagiga nisbatan $10^5 \div 10^7$ marta kattaligi tufayli tashqi bosimni ichki bosimga nisbatan hisobga olmasa ham bo‘ladi. U holda 1 *mol* suyuqliklar uchun Van-der- Vaals tenglamasi

$$\frac{a(V-b)}{V^2} = RT \qquad (13.1)$$

ko‘rinishni oladi.

Suyuqliklar real gazlardan faqatgina holatni ifodalovchi tenglamalar bilan farqlanib qolmasdan boshqa bir qancha sifatlari bilan ham farq qiladi. Masalan, kritik temperaturalardan uzoq temperaturalarda ularning zichliklari bir-biridan qariyb 1000 marta farq qiladi.

Suyuqlik molekulalarining harakati uni o‘rab turgan qo‘shni molekulalar harakatiga bevosita bog‘liq. Gaz molekulalari erkin xaotik harakatda bo‘lsa, suyuqlik molekulalari unday tartibsiz harakatda bo‘la olmaydi. Suyuqlik molekulalari vaqtning ma’lum bir ulushi davomida muvozanat holat atrofida tebranma va aylanma harakat qilishi bilan birga issiqlik harakati tufayli bir holatdan ikkinchi holatga o‘tib ham turadi. Binobarin, suyuqlik molekulalari gazlardagi kabi tartibsiz xaotik harakat qilmasdan o‘zaro ma’lum bog‘lanishda harakat qiladi, ya’ni ularda yaqin tartib mavjud bo‘ladi. Rentgen nurlarining suyuqliklarda sochilishini o‘rganish haqiqatdan ham ularda yaqin tartib borligini ko‘rsatdi.

Suyuqliklarning gazlardan farq qiluvchi asosiy va muhim xossalaridan biri ularning o‘z hajmlarini saqlashlari va ularda erkin sirtning mavjudligidir. Suyuqlik o‘zi solingan idishning shakli qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, o‘z hajmini saqlash xossasidan uning boshqa sifatlarini o‘rganishda ham foydalaniladi. Suyuqliklarning hajmiga bog‘liq bo‘lgan xossalari to‘g‘risida uning tashqi bosim ostida siqilishi va issiqlikdan kengayishini o‘rganish orqali xulosalar chiqarish mumkin. Shu xossalar bilan tanishaylik.

1. *Suyuqliklarning siqiluvchanligi*

Suyuqliklarning siqiluvchanligi siqilish koeffitsienti bilan xarakterlanadi.

Izotermik siqilish koeffitsienti deb, tashqi bosim bir birlikka ortganda suyuqlikning hajmi boshlangich xajmiga nisbatan qancha miqdoriga kamayishini ko‘rsatadigan kattalikka aytiladi, ya’ni

$$\chi = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \qquad (13.2)$$

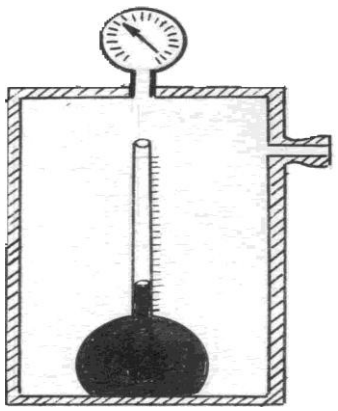
Umuman aytganda χ – bosimga bog‘liq. Ammo bosimning uncha katta bo‘lmagan intervalida uni bosimga bog‘liq emas, deb hisoblash mumkin. Van-der-Vaals izotermasida suyuq holat *FL* egrisi (39-rasm) bilan ifodalanadi va undan ko‘rinadiki, suyuqliklarning siqilish koeffitsienti juda kichik bo‘lib, $10^{-10} \div 10^{-11}\ \frac{м^2}{H}$ ga teng. Barcha suyuqliklar ichida suyuq geliyning izotermik siqilish koeffitsienti eng katta bo‘lib, $8 \cdot 10^{-3}\ \frac{м^2}{H}$ ga, suvniki esa $4{,}5 \cdot 10^{-5}\ \frac{м^2}{H}$ ga teng.

Bosimning ortishi bilan siqiluvchanlik koeffitsientining kamayishi kuzatiladi. Chunki bosim ortgan sari suyuqlik molekulalari orasidagi masofa kichrayib, o‘zaro itarishish kuchlari ortadi.

Temperaturaning ortishi bilan suyuqlik molekulalari orasidagi masofa ham ortganligi uchun suyuqlikning siqilish koeffitsienti ham ortadi.

Suyuqliklarning siqiluvchanligini maxsus asboblar - pezometrlar yordamida o‘lchash mumkin.

Oddiy pezometrlarda kapillyar naychali maxsus idish bosimi o‘zgartiriladigan qurilma ichiga joylashtiriladi (12-rasm).



12-rasm

Tashqi bosimning o‘zgari-shi bilan kapillyar naychadagi suyuqlik sathining o‘zgarishini o‘lchash orqali siqiluvchanlik koeffitsienti aniqlanadi.

2. *Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi*

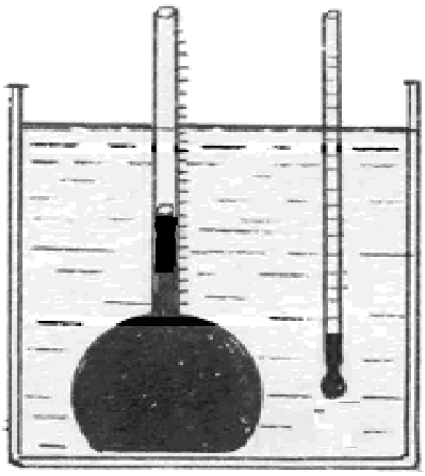
Suyuqliklar isitilganda ularning hajmlari ortadi. Hajmning bunday ortishi hajm kengayishi koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Suyuqlikning issiqlikdan hajm kengayish koeffitsienti deb, suyuqlik temperaturasini 1K ga isitganda uning hajmining nisbiy o‘zgarishiga aytiladi va K^{-1} larda o‘lchanadi:

$$\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right) \quad (13.3)$$

Bu koeffitsient bosim va temperaturaga bog‘liq bo‘lib, bosimning ortishi bilan kamayadi va temperaturaning ko‘tarilishi bilan ortadi. Hajm kengayish koeffitsienti suyuqlik molekulalarining strukturasiga bog‘liq bo‘lib, turli xil suyuqliklar uchun turlichadir.

Masalan:	$\alpha \cdot K^{-1}$
Etil spirti	$1{,}1 \quad 10^{-1}$
Glitserin	$5{,}4 \quad 10^{-4}$
Simob	$1{,}8 \quad 10^{-4}$
Suv (15°C)	$1{,}5 \quad 10^{-4}$

Suyuqliklarning hajm kengayish koeffitsienti maxsus asboblar dilatometrlar yordamida o‘lchanadi. Oddiy dilatometr suyuqlik solingan kapillyarli idishdan iborat bo‘lib, bu idish maxsus termostatga joylashtiriladi (13-rasm).



13-rasm

Termostat yordamida idishdagi suyuqlikning temperaturasi o‘zgartiri-lib, uning kapillyardagi ko‘tarilish balandligi Δh aniqlanadi va kapillyarning naychasining ko‘ndalang kesimi yuzasi S ni bilgan xolda

$$\alpha = \frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial T} = \frac{S\Delta h}{V_0 \Delta T}$$

formula orqali aniqlanadi.

Suyuqliklarning issiqlik sig‘imlari

Suyuqliklarning issiqlik sig‘imlari gazlarning issiqlik sig‘imlaridan keskin farq qilib, suyuqlik molekulasining strukturasiga, massasiga va temperaturasiga ham bog‘liq. Bu bog‘lanish turli xil suyuqliklar uchun turlicha bo‘lib, ayrim suyuqliklar uchun temperaturaning ortishi bilan issiqlik sig‘imlari ortadi, ayrim suyuqliklar uchun esa aksincha, kamayadi. Ba’zi suyuqliklarda masalan, suvda issiqlik sig‘imi temperaturaning ortishi bilan dastlab kamayadi, so‘ngra minimumdan o‘tib, orta boshlaydi.

Suyuqliklar hajmi siqiluvchanlikka ega bo‘lganliklari uchun ularning doimiy hajmdagi issiqlik sig‘imlari C_V, doimiy bosimdagi issiqlik sig‘imlari S_P dan farq qiladi. Lekin bu farq ideal gazlardagi kabi C_P-C_V=R (1 *mol* gaz uchun) ga teng bo‘lmasdan, unda katta yoki kichik ham bo‘lishi mumkin. C_P-C_V ning qiymati siqilish koeffitsienti χ ga va suyuqliklardagi molekulalararo ta’sir kuchlariga, binobarin, ichki bosimga bog‘liq.

Masalan, suvning 273 *K* atrofidagi issiqlik sig‘imlari $C_P = 76{,}020\frac{Ж}{моль \cdot K}$ va $C_V = 75{,}978\frac{Ж}{моль \cdot K}$ bo‘lib, $C_P - C_V = 0{,}042\frac{Ж}{моль \cdot K}$ bo‘lsa, suyuq argonning 140 *K* temperatura atrofidagi issiqlik sig‘imlari $C_P = 64{,}680\frac{Ж}{моль \cdot K}$, $C_V = 19{,}53\frac{Ж}{моль \cdot K}$ ya’ni $C_P - C_V = 45{,}15\frac{Ж}{моль \cdot K}$ ga teng.

Ko‘pgina organik suyuqliklar uchun issiqlik sig‘imining temperaturaga bog‘liq ravishda o‘zgarishi

$$C_P = A + Bt$$

qonuniyati asosida bo‘ladi. Bu yerda *A* va *V* lar berilgan moddalarning gomologik qatori uchun doimiy kattaliklardan iborat. Masalan, spirtlar qatori metil, etil, butil, propil va h.k. spirtlar uchun *A* va *V* lar doimiy kattaliklardir.

Tajriba natijalariga asoslanib suyuqliklarning molekulyar massasining ortishi bilan issiqlik sig‘imlari ham ortadi, deb xulosa qilish mumkin. Haqiqatdan ham spirtlarning gomologik qatori uchun $S_P$ning qiymati:

$$C_P \cdot 10^{-3} \frac{Ж}{моль \cdot К}$$

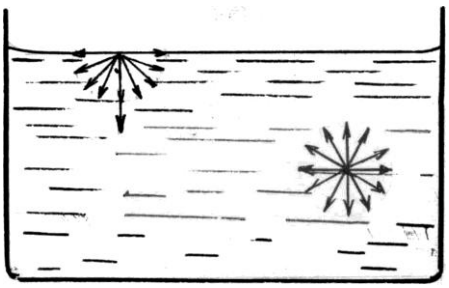
Metil spirti	80,00
Etil spirti	111,78
Amil spirti	176,86

ga teng ekanligi kuzatilgan.

Shunday qilib, suyuqliklarning issiqlik sig‘imlari ularning molekulyar tuzilishiga, molekulyar massasiga, temperaturaga va boshqa ko‘pgina faktorlarga bog‘liq. Shu sababli ularni ideal gazlardagi singari oddiy formulalar bilan ifodalab bo‘lmaydi.

Suyuqliklarda sirt hodisalari. Sirt tarangligi

Suyuqliklar qanday shakldagi idishga solinishidan qat’iy nazar shu idish shaklini egallaydi. Ammo shu suyuqlikning erkin sirti mavjud bo‘lsa u gorizontal sirtdan iborat bo‘ladi. Idishga solingan suyuqlik erkin sirtining gorizantal bo‘lishiga sabab og‘irlik kuchining mavjudligidir. Undan tashqari suyuqlik sirtidagi molekulalar suyuqlikning qolgan qismlardagi molekulalarga nisbatan boshqa sharoitda bo‘ladi. Erkin sirtdagi molekulalar suyuqlik ichidagi molekulalar kabi hamma tomondan o‘ziga o‘xshash molekulalar bilan qurshab olinmagan. Faqatgina yon va pastki tomondan o‘ziga o‘xshash molekulalar bilan qurshab olingan (14-rasm).



14-rasm

Suyuqlik sirti ustidagi shu suyuqlik bug‘ining zich-ligi suyuqlik zichligidan keskin kichik bo‘lganligi uchun sirtdagi molekulani o‘rab turgan bug‘ molekula-lari soni uni suyuqlikda o‘rab turgan molekulalari sonidan juda kam. Shuning uchun bug‘ molekulalarining ta’siri deyarli sezilmaydi va suyuqlik o‘rtasidagi molekulalarga atrofdagi molekulalar tomonidan ta’sir etuvchi

kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lsa, sirtdagi molekulaga ta’sir etuvchi kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lmasdan, tik pastga yo‘nalgan.

Shunday qilib, suyuqlikning sirtqi qatlam molekulasiga suyuqlikning boshqa molekulalari tomonidan qiladigan ta’sir kuchi, uning ustidagi bug‘ molekulalarining ta’sir kuchidan ancha katta bo‘ladi.

Binobarin, sirtdagi molekulalar ortiqcha potensial energiyaga ega bo‘ladi. Bu energiya sirt yuzasiga proporsional:

$$dU = \sigma dS \quad (13.4)$$

Suyuqlikning erkin sirtini oshirish uchun suyuqlik hajmidagi molekulani suyuqlik sirt qatlamiga chiqarish kerak. Buning uchun molekulalararo tortishish kuchlarini yengib ish bajarish lozim. Agar sirt yuzasining ortishi izotermik amalga oshirilsa, uning uchun sarflangan energiya ortgan sirt yuzasi o‘zgarishiga proporsional bo‘ladi.

$$\delta A = -\sigma dS \quad (13.5)$$

Bu yerdagi manfiy ishora sirtning kattalashuvi uchun ($dS>0$) energiya sarflash kerak ekanligini ko‘rsatadi. σ – esa suyuqlikning sirt xossalarini xarakterlaydigan asosiy kattalik bo‘lib, sirt tarangligi koeffitsienti deb ataladi. (13.5)dan:

$$\sigma = -\frac{\delta A}{dS} \quad (13.6)$$

ko‘rinadiki, sirt tarangligi koeffitsienti izotermik ravishda suyuqlik sirtini bir birlikka orttirish uchun sarflanadigan energiya bilan aniqlanadi. Sirt yuzasini orttirishga sarflangan energiya sirtning potensial energiyasiga aylanganligi uchun va izotermik jarayondagi potensial energiyaning o‘zgarishi erkin energiyaning o‘zgarishidan iborat ekanligini hisobga olsak

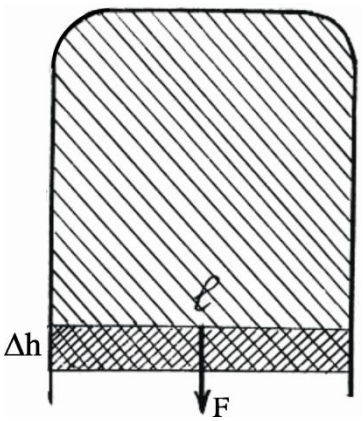
$$\delta A = -dU = -dF \quad (13.7)$$

yoki

$$dF = \sigma dS \text{ yoki } F = \sigma S \qquad (13.8)$$

kelib chiqadi. Demak, sirt tarangligi koeffitsienti sirt yuza birligiga to‘g‘ri kelgan sirt erkin energiyasini xarakterlar ekan. (13.5) formuladan muhim xulosa kelib chiqadi: tashqi ta’sir bo‘lmaganda (muvozanat holatda) erkin energiya eng kichik qiymatga, ya’ni suyuqlik sirti eng kichik yuzaga ega bo‘ladi. Hajmlari teng turli xil shakldagi jismlar orasida sirti eng kichigi sfera bo‘lganligi uchun suyuqlik muvozanat holatda shu shaklni olishga harakat qiladi. Shuning uchun suyuqlik tomchilari sferasimon ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Shunday qilib, suyuqlik sirtining kattalashuviga to‘sqinlik qiladigan kuchlar mavjud bo‘lib, bu kuchlarga sirt taranglik kuchlari deyiladi. Bu kuchlar suyuqlik sirtiga urinma ravishda sirt yuzasini kamaytirish yo‘nalishida yo‘nalgan.



15-rasm

Sirt yuzasini *dS* ga orttirish uchun sirt taranglik kuchlarining qarshilik kuchini yengib, δA ish bajarish kerakligini hisobga olsak, 53-rasmdan ko‘rinadiki, bu vaqtda bajarilgan ish

$$\delta A = -F\Delta h = -\sigma dS \qquad (13.9)$$

$dS = \Delta h l$ bo‘lganligi uchun

$$F\Delta h = \sigma \Delta h l$$

$$\sigma = \frac{F}{l} \qquad (13.20)$$

Oxirgi ifodadan ko‘rinadiki, sirt tarangligi koeffitsienti sirt ajralish chizig‘i uzunlik birligiga to‘g‘ri keluvchi sirt tarangligik kuchiga teng ekan. Sirt tarangligi koeffitsienti J/m^2 yoki *N/m* larda o‘lchanadi.

Sirt taranglik koeffitsienti turli xil suyuqliklar uchun turlicha bo‘lib, suyuqlikning strukturasiga, suyuqlik molekulalarining ta’sir potensialiga bog‘liq. Molekulalarning ta’sir potensiali temperaturaning o‘zgarishi bilan o‘zgarganligi uchun suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti ham temperaturaga bog‘liq. Bu

bog‘lanishning matematik ifodasi Etvesh tomonidan chiqarilganligi uchun uning nomi bilan yuritiladi. Bu formula

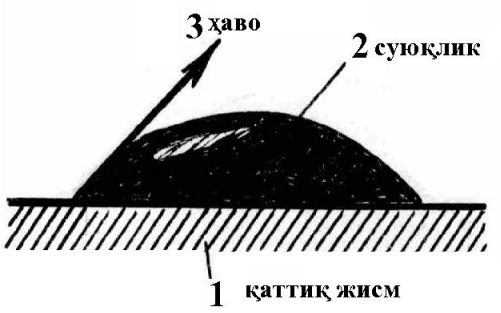
$$\sigma = B(T_к - T - \tau)\left(\frac{\rho}{M}\right)^{2/3} \qquad (13.21)$$

ko‘rinishga ega. Bu yerda V – doimiy koeffitsient, T_k – kritik temperatura, τ – temperatura o‘lchamiga ega bo‘lgan kichkina kattalik, ρ – suyuqlikning zichligi, M – uning molyar massasi. Bu formula kritik temperaturadan uzoq temperaturalarda o‘rinlidir va undan ko‘rinadiki, T temperaturaning ortishi bilan sirt tarangligi koeffitsienti kamayadi.

Sirt tarangligining termik koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{d\sigma}{dT} = -B\left(\frac{\rho}{M}\right)^{2/3} \qquad (13.22)$$

(13.22) dan suyuqlikning zichligi qancha katta va molekulyar massasi qancha kichik bo‘lsa, sirt taranglik koeffitsientining temperaturaga bog‘liqligi shuncha kuchli bo‘ladi.



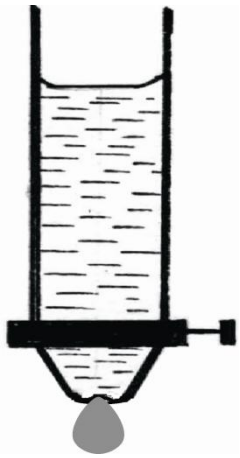
16-rasm

Bundan tashqari sirt tarangligi koeffitsienti sirt bilan chegaradosh bo‘lgan muhitga ham bog‘liq. Chunki, sirt taranglik koeffitsienti sirt yuza birligiga to‘g‘ri kelgan sirt erkin energiyasini xarakterlaganligi uchun suyuqlik sirtiga boshqa modda tegizilsa, uning erkin energiyasi o‘zgaradi. Binobarin, σ ham o‘zgaradi. Shuning uchun sirt taranglik koeffitsientining qiymatini yozganda faqatgina suyuqlikning o‘zini emas, u bilan bevosita (kontaktda) aloqada bo‘lgan sirtning xossalari ham hisobga olinishi kerak va bu sirt taranglik koeffitsientini yozishda maxsus indekslar orqali hisobga olinadi. Agar suyuqlik qattiq jism ustiga

tomchi sifatida tomizilgan bo‘lsa, bu suyuqlik-ning (2) qattiq jism (1) bilan chegarasidagi sirt taranglik koeffitsien-tini σ_{12}, suyuqlik havo (3) chegarasini σ_{23} lar bilan belgilash mumkin (16-rasm).

Suyuqliklarda sirt tarangligi kuchining mavjudligini juda ko‘pgina oddiy tajribalar yordamida isbotlash mumkin. Masalan, yupqa sovun pardasi misolida. Haqiqatdan ham biror xalqasimon sovun pardasi hosil qilinib, uning sirtiga ingichka ipdan sirtmoq tashlansa, uning formasi ixtiyoriy bo‘ladi. Agar shu sirtmoq o‘rtasidagi parda teshilsa, sirtmoq aylana shaklini olib, uning atrofida sovun pardasi qoladi. Ma’lumki, aylana yuzasi teng bo‘lgan geometrik shakllar ichida uzunligi eng qisqa bo‘lgan shakldir. Shuning uchun ham sirt tarangligi kuchi sirtmoq ipni uzunligi eng qisqa bo‘lgan shaklni olishga majbur qiladi.

Uchi ingichka pipetkadan tomayotgan suyuqlik tomchisining shar shaklda bo‘lishiga sabab xuddi yuqorida ta’kidlanganidek, sirt tarangligi kuchi ekan. Tomchining uzilish shartidan shu suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash mumkin. Tomchining og‘irlik kuchi P tomchini ushlab turuvchi sirt taranglik kuchi F dan katta bo‘lishi oldida tomchi uziladi (17-rasm)



17-rasm

$$P = F = 2\pi r\sigma$$

Sirt taranglik kuchi ma’lum va noma’lum bo‘lgan suyuqlik tomchilari uchun R ni aniqlab sirt taranglik kuchi noma’lum bo‘lgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash mumkin. Bu esa sirt tarangligi koeffitsientini aniqlashning usullaridan biridir. Umuman aytganda, sirt tarangligi koeffitsientini

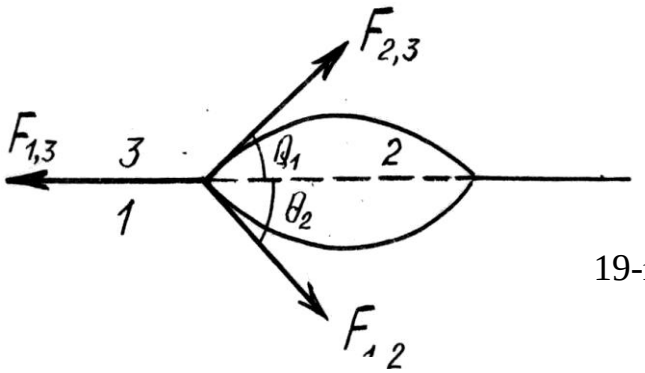
aniqlashning turli xil usullari mavjud. Ularning hammasi ham ma’lum sharoitlarda sirt xossalarining o‘zgarishini o‘lchashga asoslangan.

Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari

1. Suyuqlik-suyuqlik chegarasidagi muvozanat shartlari

Bir-birlari bilan aralashmaydigan ikki suyuqlik chegarasida muvozanat shartlarini keltirib chiqarish uchun bir suyuqlik sirtida unga aralashmaydigan ikkinchi suyuqlik tomchisi joylashgan holni ko‘raylik.

Tomchi ma’lum og‘irlikka ega bo‘lganligi tufayli u pastdagi suyuqlikni ma’lum darajada egilishga majbur qiladi. Bu sharoitda tomchiga ta’sir etuvchi sirt taranglik kuchlari (18-rasm):



19-rasm

$$F_{12} = \sigma_{12} dl \qquad (13.24)$$
$$F_{23} = \sigma_{23} dl$$
$$F_{13} = \sigma_{13} dl$$

lardan iborat bo‘lib, tegishli ikki muhit sirtiga urinma ravishda yo‘nalgan bo‘ladi. Tomchi muvozanatda bo‘lishi uchun uchchala kuchlar F_{13} va F_{23}, F_{12} larning F_{13} yo‘nalishidagi proeksiyalarining yig‘indisi bir-birini kompensatsiya qilishi kerak, ya’ni

$$F_{23}\cos\theta_1 + F_{12}\cos\theta_2 = F_{13}$$
$$F_{23}\sin\theta_1 - F_{12}\sin\theta_2 = 0$$

yoki

$$\sigma_{23}\cos\theta_1 + \sigma_{12}\cos\theta_2 = \sigma_{13}$$
$$\sigma_{23}\sin\theta_1 - \sigma_{12}\sin\theta_2 = 0 \qquad (13.25)$$

shartlari bajarilishi kerak. (13.25) tenglamalarning har ikkala tomonlarini kvadratga ko‘tarib, mos hadlarini o‘zaro qo‘shsak,

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23}\left(\cos\theta_1 \cos\theta_2 - \sin\theta_1 \sin\theta_2\right)$$

yoki

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23}\cos\left(\theta_1 + \theta_2\right) \qquad (13.26)$$

bo‘ladi. Agar $\theta_1 + \theta_2 = \theta$ deb olsak,

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23}\cos\theta \qquad (13.27)$$

kelib chiqadi. Bu yerdagi θ_1 va θ_2 chegaraviy burchaklardir. Chegaraviy burchak deb, suyuqlik tomchisi sirtiga o‘tkazilgan urinma bilan suyuqlik tomchisi joylashgan sirt orasidagi burchakka aytiladi.

Agar chegaraviy burchaklar θ_1=0, θ_2=0 bo‘lsa $\theta_1+\theta_2$=0 va $\cos 0 = 1$ bo‘lganligi uchun, muvozanat sharti

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23} = \left(\sigma_{23} + \sigma_{12}\right)^2$$

yoki

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} + \sigma_{12} \qquad (13.28)$$

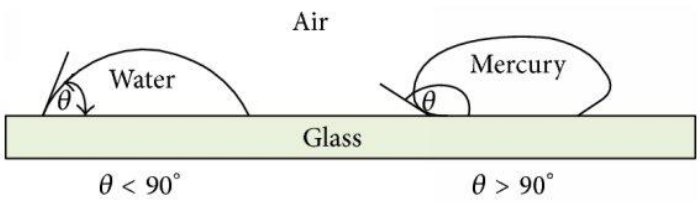
ekanligi kelib chiqadi. Agar $\sigma_{13} > \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, tomchi butun birinchi suyuqlik sirti bo‘ylab tekis yoyilib ketadi. Bunday holda ikkinchi suyuqlik birinchi suyuqlikni butunlay ho‘llaydi, deb aytiladi.

Agar $\sigma_{13} < \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, u holda tomchi $\sigma_{13} = \sigma_{23}\cos\theta_1 + \sigma_{12}\cos\theta_2$ shart bajarilguncha to‘planadi va 56-rasmda ko‘rsatilgan vaziyatni egallaydi.

2. Suyuqlik va qattiq jism chegarasidagi muvozanat shartlari

Suyuqlik va qattiq jism chegarasidagi muvozanat shartlari suyuqlikning qattiq jismni ho‘llash yoki ho‘llanmasligiga qarab (20-rasm):

$$F_{13} = F_{23}\cos\theta + F_{12}$$
$$F_{13} + F_{23}\cos\theta = F_{12}$$



yoki

$$\sigma_{13} = \sigma_{23}\cos\theta + \sigma_{12}$$
$$\sigma_{13} + \sigma_{23}\cos\theta = \sigma_{12}$$ kabi aniqlanadi.

Chegaraviy burchak

$\cos\theta = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{12}}{\sigma_{23}}$ yoki $\cos\theta = \frac{\sigma_{12} - \sigma_{13}}{\sigma_{23}}$ shartlardan topiladi.

Agar $\sigma_{13} > \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, suyuqlik qattiq jism sirti bo‘ylab tekis yoyiladi yoki uni to‘la ho‘llaydi. Agar $\sigma_{13} < \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, suyuqlik qattiq jismni ho‘llamaydi. Masalan, suv parafinni ho‘llamaydi, temirni esa ho‘llaydi.

Ko‘p hollarda suyuqlik qattiq jismni qisman ho‘llashi ($\theta < \frac{\pi}{2}$) yoki qisman ho‘llamas-ligi mumkin ($\theta > \frac{\pi}{2}$).

Suyuqlik solingan idishning devorlari yaqinida suyuqlikning ho‘llash yoki ho‘llamasligiga qarab suyuqlikning sirti botiq yoki qavariq shaklda bo‘lishi mumkin.

Suyuqlikka botirilgan jismning ho‘llanishi yoki ho‘llanmasligiga qarab suyuqlikka botirilgan jismni tik yuqoriga ko‘taruvchi Arximed kuchi ortishi yoki kamayishi mumkin. Agar jism suyuqlikda ho‘llanmaydigan bo‘lsa, bu kuch Arximed kuchiga qo‘shiladi , aksincha bo‘lsa Arximed kuchiga qarshilik ko‘rsatadi.

Teshiklari parafinlangan g‘alvirda suv tashish paradoksi ham suvning parafinni ho‘llanmasligiga asoslangan.

Shuning uchun suv sirtida mayda hashorotlarning ham harakatlanishiga sabab suvning sirt taranglik kuchi ularning og‘irlik kuchidan katta ekanligidir. Suyuqliklarda ayrim moddalarning eritilishi ularning sirt tarangligi koeffitsientining ortishi yoki kamayishiga olib kelishi mumkin.

Masalan, shakar suvda eritilsa, eritmaning sirt tarangligi sof suvga nisbatan ortadi. Sovun esa suvning sirt tarangligini kamaytiradi. Ana shunday sirt tarangligini kamaytiradigan moddalarga sirt aktiv moddalar deyiladi.

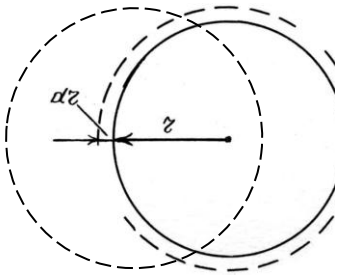
Suyuqliklarning egri sirti ostida yuzaga keladigan bosim

Suyuqliklarning egri sirti ostidagi suyuqlik molekulalari bilan yassi sirt ostidagi molekulalar boshqa-boshqa sharoitda bo‘ladi.

Egri sirt ostidagi molekulalarga sirt egriligi tufayli ta’sir etuvchi qo‘shimcha kuchlar ta’sir qiladi. Boshqacha aytganda, egri sirt ostidagi molekulalar shu sirtga perpendikulyar yo‘nalgan qo‘shimcha bosim ostida bo‘ladi.

Bu qo‘shimcha bosimni hisoblash uchun kichkina sharsimon sovun pufagini ko‘z oldimizga keltiraylik.

21-rasm



Pufak ichidagi atmosfera bosimidan ortiqcha bo‘lgan ichki bosim *R’* pufak sirt tarangligining ichkariga bo‘lgan bosimi bilan muvozanatlashadi. Pufak ichidagi bosim *dP* ga ortganda, pufak radusi ham *dr* ga ortadi va bu vaqtda sirt taranglik kuchini yengish uchun

$$\delta A = 4\pi r^2 dr P'$$

ish bajarilishi kerak (21-rasm). Bu vaqtda pufakning ortgan yuzasi $dS = d\left(4\pi r^2\right) = 8\pi r dr$. Pufak tashqi va ichki yuzaga ega bo‘lganligi uchun $dS = 2 \cdot 8\pi r dr$. Energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra

$$\delta A = \sigma dS$$

bo‘lganligidan

$4\pi r^2 P' dr = \sigma \cdot 2 \cdot 8\pi r dr$ yoki bundan

$$P' = \frac{4\sigma}{r} \qquad (13.29)$$

Bu bosim pufakning ichki va tashqi egri sirtining ta’siri tufayli hosil bo‘ladi. Har bir sirtga to‘g‘ri kelgan bosim esa $P=\frac{P'}{2}$ bo‘lganligi uchun

$$P=\frac{P'}{2}=\frac{2\sigma}{r} \qquad (13.30)$$

bo‘ladi.

Shunday qilib, sirt egriligi tufayli suyuqlik sirtining ichkariga bo‘lgan qo‘shimcha bosim sirtning egrilik radiusiga teskari proporsional. Sirt yassi bo‘lsa $r=\infty$ bo‘lganligidan $P=0$ bo‘ladi, ya’ni suyuqlik sirti yassi bo‘lganda sirt egriligi tufayli qo‘shimcha bosim paydo bo‘lmaydi.

Sirt sferik bo‘lmasdan o‘zaro perpendikulyar tekisliklar bo‘yicha r_1 va r_2 radiuslar hosil qiluvchi egri sirtdan iborat bo‘lsa, qo‘shimcha bosim

$$P=\sigma\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right) \qquad (13.31)$$

ga teng bo‘ladi. Bu formulaga Laplas formulasi deyiladi. Agar $r_1=r_2$ bo‘lsa, (13.30)dan (13.31) kelib chiqadi. Bu qo‘shimcha bosim sfera markazi tomon yo‘nalgan. Suyuqlik sirtining botiq yoki qavariqligiga qarab bu qo‘shimcha bosimning yo‘nalishi yuqoriga yoki pastga qarab yo‘nalgan bo‘ladi.

Kapillyar hodisalar

Egri sirt ostida hosil bo‘ladigan qo‘shimcha bosimning diametri kichik bo‘lgan (ingichka) naychalardagi suyuqlik holatiga ta’siri katta bo‘ladi. Bunday ingichka diametrli naychalar suyuqlikka botirilganda ularning suyuqliklarda ho‘llanish yoki ho‘llanmasligiga qarab kapillyar naychadagi suyuqlik sirtining egrilanishi botiq yoki qavariq ko‘rinishida bo‘lishi mumkin.

Agar naychaning diametri (radiusi) kichik bo‘lsa (13.31)dan ko‘rinadiki, sirt egrilanishi tufayli hosil bo‘ladigan Laplas bosimining ta’siri katta bo‘ladi va bu bosim kuchining yo‘nalishi naychani suyuqlik ho‘llasa yuqoriga yo‘nalgan bo‘ladi. Bu vaqtda naychadagi suyuqlik sathi suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi

($P = \rho gh$) Laplas bosimi ($P = \frac{2\sigma}{r}$) bilan tenglashguncha yuqoriga ko‘tariladi (22-rasm, a)), ya’ni

$$\rho gh = \frac{2\sigma}{r} = \frac{2\sigma}{r_0}\cos\theta$$

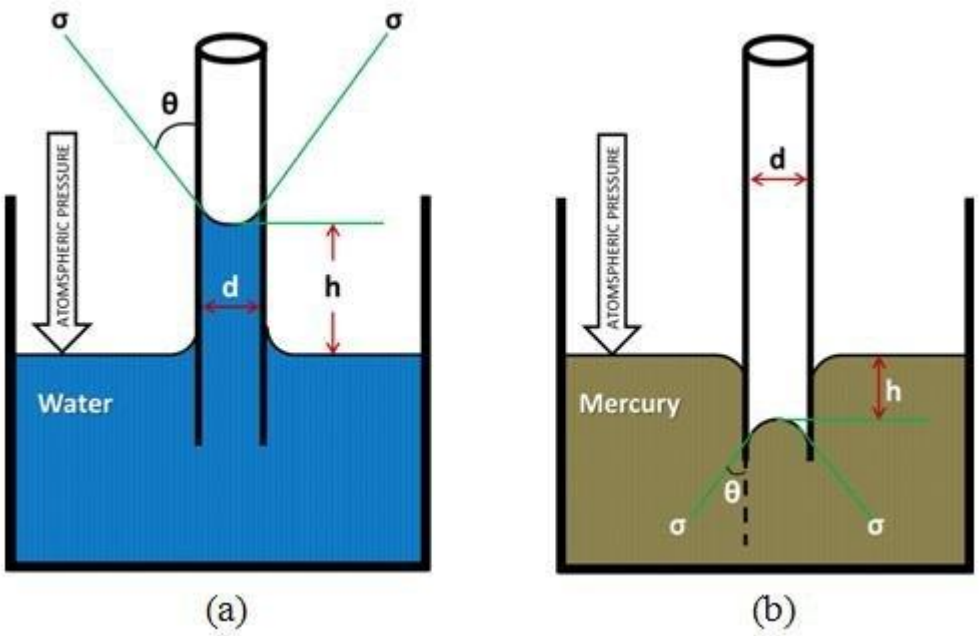
bu munosabatdan

$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{\rho g r_0} \qquad (13.32)$$

ifoda kelib chiqadi.

Bu yerda h – kapillyar naychadagi suyuqlik sathining balandligi, r_0 – kapillyar naycha radiusi, ρ – suyuqlikning zichligi.

Agar suyuqlik naychani ho‘llamasa, u holda naychadagi suyuqlik sathi idishdagi suyuqlik balandligidan h miqdorga pasayadi (22-rasm, b)). Chunki suyuqlik sirtining egrilik markazi past tomonga va binobarin, qo‘shimcha bosim ham past tomonga yo‘nalgan.



22-rasm

Suyuqlik solinadigan shunday ingichka naychalarning radiuslari suyuqlik egri sirtlarining egrilik radiuslariga yaqin bo‘lsa, bunday naychalarga kapillyar

naychalar va bu naychalarda suyuqlik sathining ko‘tarilishi yoki pasayishiga kapillyar hodisalar deyiladi. Unga bir necha misollar keltirish mumkin.

Kapillyar hodisalar o‘simliklar dunyosining oziqlanishida asosiy rol o‘ynaydi. Chunki o‘simlik tanasi va pustlog‘idagi ingichka kapillyar naychalar orqali suv va suvda erigan turli xil oziqalar yuqoriga tana va barglarga yetib boradi. Kerosinga botirilgan pilikdagi kapillyar naychalar orqali kerosin yuqoriga ko‘tarilib, lampa yonadi. Bahor paytlarida shudgor qilingan yerdagi namlik tuproqdagi kapillyar naychalar orqali bug‘lanishini kamaytirish maqsadida yerga mola bosiladi.

Kapillyar hodisalar tirik organizmlarda ham muhim rol o‘ynaydi. Inson tanasidagi kapillyar naychalar orqali organizmdagi ortiqcha suyuqlikning tashqariga chiqishi, ya’ni – terning hosil bo‘lishi bunga misoldir. YOzning issiq kunlarida organizmlarda terlash ayniqsa sezilarlidir.

Suvga botirilgan shisha plastinkalarni bir-biriga tegizilib, keyin ajratish ancha og‘ir, chunki ikki plastinka orasiga tushgan suv qatlami shishani ho‘llagani uchun shisha plastinkani bir-biridan ajratishda shisha-suv-shisha ta’sir kuchini yengish lozim. Buning uchun shisha-havo-shisha holdagiga nisbatan ancha katta kuch qo‘yish kerak. Bu kuchni son jihatdan nimaga teng ekanligini baholash ham mumkin. Bu kuch Laplas formulasidan topiladi.

Agar plastinkalar orasidagi suv qatlamining qalinligi $r \sim 10^{-6}$ m bo‘lsa, suvning sirt taranglik koeffitsienti $\sigma = 70 \cdot 10^{-3} \frac{H}{м}$ (T=293 K da) bo‘lganligi uchun, bosim kuchi

$$P = \frac{\sigma}{r} = 70 \cdot 10^{3} \frac{H}{м^2}$$

Bu bosim kuchi yuzasi 10^{-2} m^2 bo‘lgan ikki shishani bir-biriga $F = PS = 70 \cdot 10^{3} \cdot 10^{-2} = 700H$ kuch bilan tortib turadi. Plastinkalarni bir-biridan ajratish uchun plastinka tekisligiga perpendikulyar bo‘lgan ana shunday kuch bilan ta’sir qilish kerak. Ularni bir-biriga nisbatan sirpantirib, o‘zaro qoplovchi yuzalar kamaytirilsa, bunday plastinkalarni bir-biridan oson ajratish mumkin.

Xullas, kapillyar hodisalar kundalik turmushda juda keng qo‘llaniladi.

Suyuqliklarning bug‘lanishi va qaynashi

Suyuqliklarning sirt tarangligi tufayli suyuqlik sirtidagi har bir molekula suyuqlik hajmidagi molekulalarga tortilib turadi. Suyuqlik sirtidan tashqariga chiqish uchun suyuqlik molekulalari sirt taranglik kuchining qarshiligini yengishi kerak. Suyuqlik molekulalarining to‘xtovsiz issiqlik harakati tufayli ayrim molekulalar to‘qnashuv paytida shu kuchlarni yengib chiqadigan energiyaga ega bo‘ladi va suyuqlik sirtidan chiqib ketadi. Shu jarayonga suyuqlikning bug‘lanishi deyiladi. Bug‘lanish har qanday temperaturada ham bo‘lishi mumkin. Bug‘lanish jarayonida energiyasi katta molekulalar suyuqlik sirt taranglik kuchini yengib, chiqib ketib qolganliklari uchun suyuqlikda energiyasi kichik molekulalar qoladi, ya’ni bug‘lanish jarayonida sovish ro‘y beradi. Suyuqlik bug‘lanish jarayonida sovimasligi uchun unga tashqaridan energiya berib turish kerak. Temperaturaning ko‘tarilishi bilan bug‘lanish intensivligi ortadi. Bug‘lanish ochiq idishda bo‘layotgan bo‘lsa, barcha suyuqlik bug‘lanib ketishi mumkin. Agar bug‘lanish yopiq idishda bo‘layotgan bo‘lsa, bug‘lanuvchi molekulaning bir qismi yana suyuq holatga o‘tadi va bu holda bug‘lanuvchi va kondensatsiyalanuvchi molekulalar soni orasidagi farq kamayadi. Ma’lum vaqt o‘tgandan so‘ng bug‘lanuvchi molekulalarning soni bilan yana bug‘dan suyuqlikka aylanuvchi molekulalarning soni tenglashadi. Boshqacha aytganda, dinamik muvozanat yuzaga keladi. Ana shu holatdagi bug‘ga to‘yingan bug‘ deyiladi. Temperaturaning ortishi bilan to‘yingan bug‘ning zichligi va unga mutanosib ravishda uning bosimi ham ortadi.

To‘yingan bug‘ zichligining ortishi bilan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti kamaya boradi. Chunki suyuqlik sirtidagi molekulalar bilan ta’sirlashuvchi bug‘ molekulalarining soni ortadi. Kritik temperaturaga yaqin temperaturalarda to‘yingan bug‘ning zichligi deyarli suyuqlik zichligiga tenglashib, kritik temperaturada esa ular o‘rtasida farq qolmaydi.

Shunday qilib, suyuqlik bug‘i uni tashkil etuvchi element gazidan farq qilib, birinchi yaqinlashuvdagina bug‘larga gaz qonunlarini qo‘llash mumkin.

O‘zgarmas tashqi bosimda massa birligidagi suyuqlikni butunlay bug‘ga aylantirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga bug‘lanishning solishtirma

issiqligi deyiladi. Bu kattalik turli xil suyuqliklar uchun turlicha bo‘lib, temperaturaga bog‘liq.

Umuman aytganda, bug‘lanishning solishtirma issiqligi ikki qismdan, ya’ni molekulaning suyuqlik sirt taranglik kuchini yengishga sarf bo‘ladigan qism va bug‘ning kengayishiga sarflanadigan qismlarga ajratish mumkin.

Suyuqlik bug‘larining yana suyuqlikka aylanishi – kondensatsiyalanish uchun kondensatsiya markazi bo‘lishi kerak. Bunday markazlar bo‘lib turli xil mayda zarrachalar, zaryadlangan zarrachalar xizmat qilishi mumkin. Bug‘ molekulalari ana shunday markazga o‘tirib, avval kichik, keyin kattaroq suyuqlik tomchilarini hosil qiladi. Agar bug‘lanayotgan fazoda shunday markazlar bo‘lmasa kondensatsiya ro‘y bermaydi va bunday bug‘ga o‘ta to‘yingan bug‘ deyiladi. Kondensatsiyalanish jarayonida bug‘lanish uchun sarflangan energiya qayta ajraladi.

Bug‘lanishning ortishi bilan to‘yingan bug‘ning bosimi orta boradi va u tashqi bosimga teng bo‘lganda qaynash ro‘y beradi. Qaynash paytida suyuqlikning butun hajmi bo‘ylab bug‘lanishi sodir bo‘ladi. Qaynash to‘yingan bug‘ning bosimi tashqi bosimga teng bo‘lgan temperaturada ro‘y beradi. Bu temperaturaga qaynash temperaturasi deyiladi. Tashqi bosimning o‘zgarishi bilan qaynash temperaturasi ham o‘zgaradi. Uning ortishi bilan qaynash temperaturasi ham ortadi va aksincha.

Suyuqliklarda qaynash markazlari mavjud bo‘lib, bu markazlar sifatida idish devorlariga yopishgan yoki suyuqlikdagi boshqa havo pufakchalari xizmat qiladi. Suyuqlikdagi havo pufakchalari ichida havo va suyuqlikning to‘yingan bug‘lari bo‘lib, havo pufagining muvozanat sharti quyidagichadir:

$$P + \frac{m}{\mu}\frac{RT}{V} = P' + \rho g h + \frac{2\sigma}{r} \qquad (13.33)$$

R – pufakdagi to‘yingan bug‘ning, $\frac{m}{\mu}\frac{RT}{V}$ – pufakdagi havoning bosimlari, R' – atmosfera bosimi, $\rho g h$ – gidrostatik bosim, $\frac{2\sigma}{r}$ – pufakda sirt egriligi tufayli hosil bo‘ladigan qo‘shimcha bosim.

Bunday havo pufakchasi idish devoriga ma’lum kuch bilan yopishib turadi. Pufakchani idish devorida ushlab turuvchi bu kuch pufakcha uchun Arximed kuchidan katta. Havo pufagi idish devoridan yoki pufak markazidan uzilganda, to‘la hammasi uzilmasdan yana ma’lum bir qismi qoladi va unda yana yangi pufakcha paydo bo‘ladi.

Qaynash jarayonida berilayotgan issiqlikning hammasi molekulalarning bug‘lanishiga sarflanganligi tufayli suyuqlikning temperaturasi doimiy qoladi.

Suyuqlik uzoq muddat qaynatilsa o‘ta qizdirilgan suyuqlik hosil bo‘ladi. O‘ta qizdirilgan suyuqlikda barcha havo pufaklari tashqariga chiqib, pufakchalar faqatgina to‘yingan bug‘dan iborat bo‘lib qoladi. Uni qaynatish uchun unga ozgina o‘sha suyuqlik yoki qaynash markazlari bo‘la oladigan predmet (masalan, o‘ta qizdirilgan suvga ozgina quruq choy) tashlash kerak.

To‘yingan bug‘ bosimining suyuqlik sirt egriligiga bog‘liqligi

Suyuqlikning bug‘lanishi uning sirtidan boshlanganligi tufayli sirt shaklining o‘zgarishi bilan bug‘lanish sharoiti ham o‘zgaradi. Chunki yassi sirt ustidagi to‘yingan bug‘ bosimidan egri sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi farq qiladi. Bu farq nimalarga bog‘liq ekanligini ko‘rib o‘taylik.

Yassi sirtda bo‘ladigan bug‘lanish davomida sirt yuzasi o‘zgarmaydi, ya’ni uning erkin energiyasi doimiy qoladi. Agar bug‘lanish sferik tomchidan bo‘layotgan bo‘lsa, bug‘lanish davomida tomchining sirti kamaya boradi va tomchi butunlay bug‘lanib tamom bo‘lgandan keyin muvozanat qaror topadi. Tomchi ma’lum radiusli qavariq sirtdan iborat bo‘lganligi uchun qavariq sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi yassi sirt ustidagi bosimdan katta ekanligi kelib chiqadi.

Agar suyuqlikning sirti botiq bo‘lsa, bug‘lanish davomida suyuqlikning sirti, ya’ni uning erkin energiyasi ortadi. Energetik nuqtai nazardan bunday bo‘lishi mumkin emas. Shuning uchun ham botiq sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi yassi sirtdagiga nisbatan kichik bo‘ladi.

Egri va yassi sirt ustidagi to‘yingan bug‘ elastikligi (to‘yingan bug‘ning bosimini shunday deb ham ataydilar)ning farqini hisoblash mumkin. Buning uchun radiusi r ga teng bo‘lgan kapillyar naychani suyuqlikka botirib, ularni berk idishga

joylashtirsak, idish berk bo‘lganligi uchun biror vaqt o‘tgandan so‘ng kapillyardagi suyuqlikning botiq sirt va idishdagi yassi sirt ustida to‘yingan bug‘ muvozanati qaror topadi. Kapillyar naychadagi suyuqlik sathining ko‘tarilish balandligi $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ bilan aniqlanadi. To‘yingan bug‘ning h balandlikdagi bosimi R, uning idishdagi suyuqlik sathi balandligidan bosimi R_0 bilan barometrik formula asosida bog‘langan

$$P = P_0 e^{-\frac{mgh}{KT}} = P_0 e^{-\frac{mgh}{RT}} \qquad (13.34)$$

Agar h ning qiymatini (13.34)ga qo‘ysak

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu g}{RT}\frac{2\sigma}{\rho g r}}$$

yoki

$$\ln\frac{P}{P_0} = -\frac{\mu}{\rho RT}\frac{2\sigma}{r} \qquad (13.35)$$

Bu formuladan ko‘rinadiki, berilgan suyuqlik uchun R va R_0 bosimlar farqi egri sirtning egrilik radiusiga bog‘liq ekan. Egrilik radusi r kichik bo‘lsa R va R_0 orasidagi farq kichik, katta bo‘lsa R va R_0 orasidagi farq eksponensial ravishda ortadi. R va R_0 lar o‘rtasida $|P - P_0| << P_0$ shart bajarilganda, bu bosimlar orasidagi farqni h balandlikdagi to‘yingan bug‘ ustunining bosimiga teng deb olish mumkin:

$$P_0 - P = \rho_0 g h \qquad (13.36)$$

bu yerda ρ_0 – to‘yingan bug‘ning zichligi. U holda

$$P_0 = P + \rho_0 g h = P + \frac{2\sigma}{r}\frac{\rho_0}{\rho}$$

yoki

$$P = P_0 - \frac{2\sigma}{r}\frac{\rho_0}{\rho} \qquad (13.37)$$

kelib chiqadi.

Shunday qilib, to‘yingan bug‘ bosimi suyuqlik sirtining egriligiga bog‘liq va botiq sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi yassi sirt ustidagi bosimdan $\frac{2\sigma}{r}\frac{\rho_0}{\rho}$ miqdorga kichik bo‘lar ekan.

To‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liqligi

To‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liq ravishda o‘zgarishini biz yuqorida ko‘rib o‘tgan edik. Endi bu bog‘lanishning matematik ko‘rinishini aniqlaylik.

To‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liq ravishda o‘zgarishini har qanday birinchi tur fazaviy o‘tishilar uchun o‘rinli bo‘lgan Klapeyron-Klauzius tenglamasidan keltirib chiqarish mumkin.

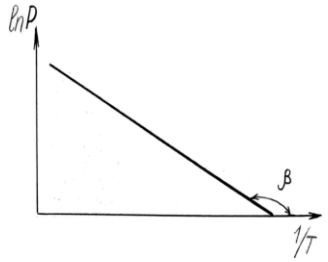
Klapeyron-Klauzius tenglamasi $\frac{dP}{dT}=\frac{L}{T(V_1-V_2)}$ dan to‘yingan bug‘ning molyar hajmi V_1, suyuqlikning molyar hajmi V_2 dan juda katta bo‘lganligi uchun ($V_1>>V_2$) V_2 ni hisobga olmaslik va birinchi yaqinlashishda to‘yingan bug‘ ideal gaz qonuniga bo‘ysunadi ($V_1=\frac{RT}{P}$),deb hisoblash mumkin. U holda Klapeyron-Klauzius tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dP}{dT}=\frac{L}{T\frac{RT}{P}} \text{ yoki } \frac{dP}{P}=\frac{L}{R}\frac{dT}{T^2} \qquad (13.38)$$

(13.38)da L ni temperaturaga bog‘liq emas deb olib, bu tenglamani integrallasak,

$$\ln P=-\frac{L}{RT}+C \qquad (13.39)$$

hosil bo‘ladi. Bu ifoda to‘yingan bug‘ bosimi bilan uning temperaturasi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Agar ln$P$ bilan $1/T$ orasidagi bog‘lanish grafigi chizilsa, undan foydalanib bug‘lanishning yashirin issiqligi L ni aniqlash mumkin. 23-rasmdan



23-rasm

$$tg\beta = \frac{L}{R} \text{ yoki } L = Rtg\beta$$

Bu usul bug‘lanishning yashirin issiqligini bilvosita aniqlash usullaridan biridir.

O‘ta qizdirilgan suyuqlik va o‘ta to‘yingan bug‘larning ahamiyati. Pufakli va Vilson kameralari. To‘yingan bug‘larda kondensatsiya markazlari bo‘lmasa, bu bug‘larning to‘yinish darajasi orta boradi. Shunday bug‘ga tashqaridan biror zaryadlangan zarra kiritilsa, bu zarra to‘yinish markazi bo‘lib xizmat qiladi va zarraning tarqalishi yo‘nalishida kondensatsiyalangan bug‘ izlarini kuzatish mumkin. Vilson kamerasi ana shunday o‘ta to‘yingan bug‘dan o‘tuvchi elementar zaryadlangan zarralarning harakat izlarida to‘yingan bug‘ hosil bo‘lishini qayd qilishga asoslangan.

Bu kamera porshenli silindrdan iborat bo‘lib, silindrga past temperaturalarda kondensatsiyalanadigan gazlar (argon, geliy yoki azot) bilan birgalikda oson kondensatsiyalanadigan moddalar (suv, spirt)ning bug‘i solinadi. Porshenning surilishi tufayli gaz adiabatik kengaytirilsa, gaz soviydi va o‘ta to‘yingan holatga o‘tadi. Agar shu silindrga energiyasi katta bo‘lgan zaryadlangan zarracha kiritilsa, u tarqalish yo‘nalishida o‘ta to‘yingan bug‘ zarralarini ionlaydi va bu ionlar kondensatsiyalovchi markazlar bo‘lib xizmat qiladi. Bu jarayon fotoplyonkaga tushirilsa, kiritilgan zaryadlarning shu kameradagi harakat traektoriyalarini (aniq izlarini) qayd qilish mumkin. Ana shu usul bilan zaryadlangan zarralarning magnit maydonidagi harakat qonuniyatlarini, ularning boshqa atom va yadrolar bilan to‘qnashuv jarayonlarini qayd qilish mumkin. Bunday kameralarga Vilson kamerasi deyiladi.

Xuddi shuningdek, elementar zarralar harakat qonuniyatlarini o‘ta qizdirilgan suyuqlik solinadigan kameralarda ham qayd qilish mumkin. Bunday kameralarga pufakli kamera deyiladi. Bu kamerada suyuq vodorodning propan va boshqa suyuqliklar bilan aralashmasi katta bosimda olinadi. Bosim katta bo‘lganligi uchun bu aralashma qaynash temperaturasidan ancha yuqori, ya’ni o‘ta qizdirilgan holatda bo‘ladi. Agar shunday kameraga bosimni kamaytirish bilan energiyasi

katta zarracha kelib tushsa, zarracha tarqalish yo‘nalishida suyuqlikda pufakchalar hosil bo‘ladi va ularni qayd qilish mumkin. Pufakli kameradagi suyuqliklarning zichligi Vilson kamerasidagi gazlar aralashmasi zichligidan bir necha marta katta bo‘lganligi uchun bu kamerada, asosan elementar zarralarning protonlar bilan ta’siri o‘rganiladi.

Shunday qilib, o‘ta to‘yingan bug‘ va o‘ta qizdirilgan suyuqlik elementar zarralar hamda ularning turli xil atom, yadrolar bilan ta’sirini o‘rganishning kuchli vositalaridan biri sifatida foydalaniladi.

14-MAVZU: POLIMERLAR FIZIKASI.

Ko‘plab atom guruhlar yoki quyi molekulyar birikmalarning (*monomer* yoki *elementar*) takroranuvchi zvenolar bo‘lib kimyoviy bog‘lanishi reaksion birikkan, zanjirsimon chiziqli va to‘rsimon shakllarga ega turli konfiguratsiya, konformatsiya va yuqori massali ulkan *makromolekula polimer* deyiladi. Bunday *yuqori molekulyar birikmalar* tabiiy sharoitlarda va kimyoviy reaksiyalar asosida hosil bo‘ladi va ular mos ravishda *tabiiy* va *sintetik* polimerlar deb yuritiladi.

Polimerlarda *“poli”* - *ko‘p* va “*mer*” - *qism* degan ma’noni anglatadi va “*poli*” old qo‘shimchasi monomer nomi oldiga quyiladi, masalan, monomer *etilen* asosida sintez qilingan polimer *polietilen* deyiladi. Polimer so‘zi kimyoviy sintez qilingan yuqori molekulyar birikmalarga nisbatan qo‘llanishi o‘tgan asrning 30-yillarida Shtaunger tomonidan tavsiya etilgan. Tabiiy polimerlarni aksariyatini nomlanishi nisbatan oldinroq boshlangan bo‘lib, ular turli tabiatshunoslar tomonidan kiritilgan. Masalan, sellyuloza, fibroin, keratin, kollagen, pektin va h.k.

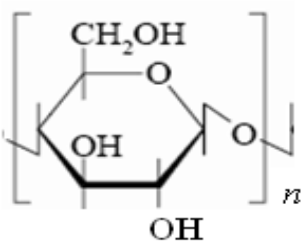
Shuni ta‘kidlash joizki, polimer makromolekulasida takrorlanadigan zvenolar to‘liqligicha zanjir tarkibiga kirsa *monomer* (*bir xil o‘lchamli*) deyiladi va aksincha, zvenolar birikishida qo‘shimcha turli elementlar yoki quyi molekulyar birikmalar ajralib chiqsa takrorlanadigan zvenolar monomer emas, *elementar zveno* deb yuritiladi. Monomerlardan farqli elementar zvenolar murakkab tuzilishli, tarkibli va olchamli quyi molekulyar birikmalar bo‘lib, odatda ular tabiiy polimerlar, jumladan, DNK, RNK, oqsil, polisaxaridlarning molekulalari tashkil

etadi. Umumiy hollarda makromolekulalalar elementar zvenolari deyilganda monomerlar ham nazarda tutiladi va aksincha.

Polimerdagi monomer (elementar) zvenolar soni *n* bilan belgilanadi va polimerlanish darajasi (PD) deyiladi. Aynan sintetik polimer polietilen uchun quyidagi monomer asosidagi formula o‘rinli bo‘ladi

$$[-CH_2 - CH_2 -]_n$$

shuningdek, tabiiy polimerlar tipik vakili polisaxarid sellyuloza uchun



24-rasm

Odatda zvenoning nisbiy molekulyar massasi (M_o) deb belgilanadi va *n* bo‘yicha polimerning nisbiy molekulyar massasi (*M*), ya’ni $M = nM_o$ topiladi. Bunda *n* ning miqdori bir necha donadan 10000 va undan ortiq bo‘lishi mumkin. Demak, *n* ga, ya‘ni polimerlanish darajasiga bog‘liq holda polimerning molekulyar massasi turlicha bo‘ladi va shartli ravishda quyidagi toifalarga bo‘linadi: $M = 500 \div 10000$ bo‘lsa *oligomer*, undan yuqori $M = 10000 \div 50000000$ bo‘lsa *yuqori molekulyar birikma* deyiladi. Yuqori molekulyar birikmalar odatda molekulyar massalarga nisbatan quyi molekulyar massali ($M = 10000 \div 50000$), o‘rtacha molekulyar massali ($M = 50000 \div 5000000$), yuqori molekulyar massali ($M = 5000000 \div 50000000$) deb yuritiladi. Eng yuqori molekulyar massali polimerlar sirasiga DNK molekulasi kiradi va hozirda ushbu ulkan makromolekulagina shaklini elektron mikroskopiyada ko‘rishga erishilgan.

Polimerlar molekulasida bir xil monomerlar takrorlanib kelsa, bunday birikma *gomopolimer*, agar har xil monomerlar bo‘lsa – *sopolimer* deyiladi. Shuningdek, monomerlarning birikishiga qarab makromolekula *chiziqli, tarmoqlangan* va *to‘rsimon (fazoviy)* tuzilishlarga ega bo‘ladi. Bunday makromolekulyar tuzilishlarni vujudga kelishi monomerlar xiliga, kimyoviy yoki tabiiy sintezni amalga oshirish mexanizmlariga bog‘liq.

Chiziqli polimerlar va sopolimerlar odatda uzun zanjirsimon tuzilishga ega bo‘ladi. Agar monomerlarni xiliga qarab turli ranglar ○ ● ● bilan belgilasak, unda

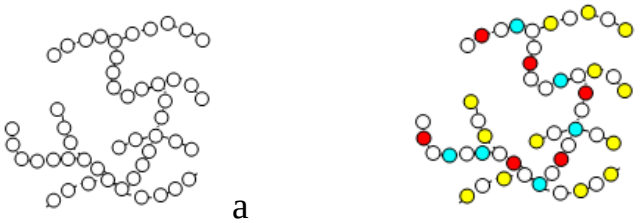
chiziqli polimer (a) va sopolimer (b) molekulyar ko‘rinishini quyidagicha tasavvur qilish mumkin:



a b

25-rasm

Tarmoqsimon polimerlar (a) yoki sopolimerlar (b) ham uzun zanjirsimon tuzilishga ega bo‘lib, ularning makromolekulasi *asosiy* (yoki *bosh*) zanjir va bir qator turli o‘lchamlarga ega *yon* zanjirlardan iborat bo‘lishi mumkin.

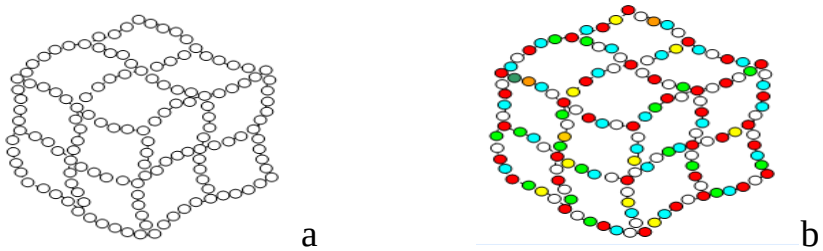


a b

26-rasm

Bunday makromolekulalarning asosiy yoki yon zanjirlari qattiq (yoki egiluvchan) bo‘lishi, shuningdek, gidrofilligi bilan farqlanishi mumkin.

To‘rsimon yoki *fazoviy* makromolekula deb monomerlar (elementar zvenolar) uzun zanjirlar bo‘lib bir biri bilan uch o‘lchamli to‘rsimon shaklda birikkan polimer (a) yoki sopolimerga (b) aytiladi. Bunday sopolimerlarda ham monomerlar (elementar zvenolar) turlicha bo‘ladi.



a b

27-rasm

To‘rsimon makromolekulalar, odatda, yuqori elastiklikka ega bo‘ladi, ular hajmiga quyi molekulyar birikmalar diffuzion tarzda kirishi, erituvchilarda cheklangan miqdorda bo‘kishi va gel-tuzilish hosil qilishi mumkin, ammo erimaydi. Bunday tuzulishni namoyon qiluvchilarning tipik vakillari kauchuk, jun keratini, teri kollageni kabi yuqori molekulyar birikmalardir.

Agar polimyerda elementar zvenolar bir xil monoton tarzda takrorlanib kelsa, zanjir bo‘ylab “uzoq tartib” hosil bo‘ladi va polimer *regulyar* deyiladi. Bunday tartibga ega bo‘lmagan polimer *noregulyar* deb yuritiladi. Noregulyarlikka turli xil sabablar olib keladi. Masalan polimerlanish jarayonida zvenolarni ( ) birikish tartibiga bog‘liq tarzda regulyar (a) va noregulyar (b) zanjirlar hosil bo‘lishi mumkin:

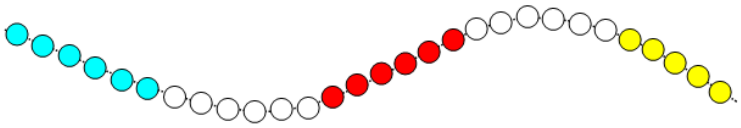


28-rasm

a b

Sopolimerlarda ham monomerlarning joylashishi tartibli yoki tartibsiz bo‘lishi mumkin. Mos ravishda bunday makromolekulalar *statistik regulyar* yoki *noregulyar* sopolimerlar deyiladi.

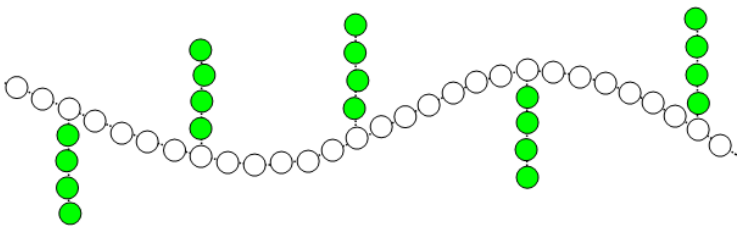
Chiziqli sopolimerda har bir tipdagi , , , monomerlar molekulyar zanjirning ma’lum uzunligida takrorlanib kelsa, bu qismlar *bloklar* va makromolekula esa *blok-sopolimer* deyiladi.



29-rasm

Bloklar uzunligi va qattiqligi (yoki egiluvchanligi) hamda boshqa fizik ko‘rsatgichlari bilan farqlanishi mumkin. Bu holat makromolekulaga turlicha xossalarni namoyon qilishga imkon beradi. Aynan shu tipdagi makromolekulalarga suyuq kristall holati xosdir.

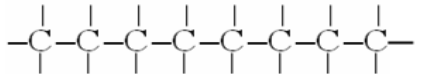
Tarmoqlangan sopolimerda asosiy zanjir bir tipdagi (**)** monomerlardan va yon zanjirlar boshqa (**)** tipdagi monomerlardan tashkil topgan bo‘lsa, bunday birikma *payvandli sopolimer* deyiladi.



30-rasm

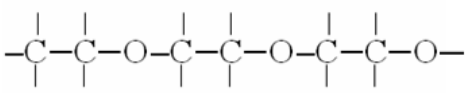
Asosiy zanjirdagi monomer zvenolarda atomlar ketma-ketligiga qarab polimer *gomozanjirli* yoki *geterozanjirli* deb ataladi.

Asosiy zanjiri bir xil atomlardan, masalan, uglerod, oltingugurt, fosfor kabilardan tuzilgan bo‘lsa, bunday birikma *gomozanjirli* polimer deyiladi. Asosiy zanjirda faqat uglerod atomi takrorlansa, polimer *karbozanjirli* deb yuritiladi.



31-rasm

Agar asosiy zanjirda monomerlar (elementar zvenolar) ketma-ketligi shakllanishi turli xil atomlar asosida shakllangan bo‘lsa, polimer (sopolimer) *geterozanjirli* deyiladi, masalan:



32-rasm

Atomlarning makromolekulyar birikmalar hosil qilish qobiliyati ularning D.I. Mendeleyev davriy tizimida joylashgan tartibiga ham bog‘liq. Birinchi guruh elementlari va bir valentli elementlar (jumladan, vodorod) polimer hosil qilmaydi, chunki zanjirli bo‘lib birikish uchun elementlar kamida ikki valentli bo‘lishi kerak. Davriy tizimning boshqa elementlari zanjirli birikmalar hosil qila oladi, ammo, ularning barqarorligi atomlar o‘rtasidagi bog‘lar mustahkamligiga bog‘liqdir.

Polimerlar elementar tarkibiga qarab *organik, elementorganik* va *noorganik* kabi tiplarga bo‘linadi. Ular ichida nisbatan keng miqyosda o‘rganilgani va ishlab chiqariladigani organik polimerlar hisoblanadi. Organik polimer molekulasi tarkibiga uglerod atomidan tashqari, vodorod, kislorod, azot, oltingugurt, galogenlar atomlari ham kiradi. Elementorganik polimerlar asosan uglerod va geteroatomlardan tuzilgan bo‘ladi, ammo tarkibiga azot, kislorod, oltingugurt atomlari kirmaydi. Noorganik polimerlarda esa uglerod atomi bo‘lmaydi.

Polimer zanjirida elementlarning birikishi natijasida hosil bo‘lgan bog‘lar qutblangan yoki qutbsiz bo‘lishi mumkin. Odatda bir atomlarni kovalent bog‘lanishi, masalan, N_2, O_2, Cl_2 birikmalar cheklanma qutbsiz bog‘langan deyiladi. Ularda elektron tumani (qobig‘i) ikkala atom yadrosi uchun mutloq simmetrikdir. Cheklanma qutblangan bog‘ elektronni bir atomdan ikkinchisiga

o‘tishii natijasida ajratilgan zaryadlar hisobiga hosil bo‘lgan bo‘lishi mumkin. Aslida elektronning to‘liq o‘tishii kuzatilmaydi. Elektron qaysi atomga tegishli bo‘lganligiga bog‘liq tarzda, uni turli atomlar yadrosi maydonida bo‘lishi turli xil bo‘ladi. Natijada elektronning o‘rtacha zichligi bir atomda ikkinchisiga nisbatan kattaroq bo‘ladi. Buning oqibatida ushbu atomlar asosidagi molekula ma’lum bir elektrik, yoki dipol momentga (μ_o) ega bo‘ladi va uning miqdori elektr zaryadi (q) va ular orasidagi masofaga (l) bog‘liq bo‘ladi, ya‘ni $\mu_o = ql$. Bundan $l \approx 10^{-8}$ *sm* va $q \approx 10^{-10}$ *el.st.b.* ekanligidan $\mu_o \approx 10^{-18}$ *el.st.b.sm* $\approx$ *1 D (Debay).* SI tizimida $1\ D \approx 3{,}335*10^{-30}$ *Kl.m.* Ammo dipol momentining miqdori atomlar turlariga bog‘liq holda $\mu_o \approx 0 \div 10\,D$ diapazonida bo‘ladi.

Tuzilishi simmetrik bo‘lgan N_2, Cl_2, CH_4, C_2H_6 va shu kabi birikmalar, alifatik uglevodorodlar uchun $\mu_o \approx 0\ D$ bo‘lib, ular qutbsiz molekulalar deyiladi. Ulardan farqli suv molekulasi asimmetrik bo‘lib, uning dipol momenti $\mu_o \approx 6{,}14*10^{-30}\ Kl.m \approx 1{,}84\ D$ va suv qutbli molekula hisoblanadi.

Polimerning asosini tashkil etadigan uglevodorodlar qutbsizdir. Bunday polimerlar sirasiga polietilen, polipropilen, polibutadien, polizopren, poliizobutilen kabilar kiradi. Qutbli polimerlar turiga ON-guruhli polivinil spirt, sellyuloza, kraxmal, xitin, CN-guruhli poliakrilonitril, COON-guruhli poliakril va polimetakril kislotalar, C-Cl bog‘li polivinilxlorid, $OCOON_3$-guruhli atsetat sellyuloza. Ammo, molekulyar zanjirda qutbli guruhlarning bo‘lishi hamma vaqt ham polimerning qutbli bo‘lishiga olib kelmaydi. Umuman olganda molekulyar zanjirda qutbli guruhlar simmetrik joylashgan bo‘lsa, ularning elektrik maydoni kompensatsiyalangan va dipol momenti nolga teng bo‘ladi.

Asosiysi makromolekulalarning qutblanganligiga ularning orasidagi ta’sirlashishlar bog‘liq bo‘ladi. Bu holat makromolekuladagi atomlararo ichki ta’sirlashishlarda va makromolekulalararo tashqi ta’sirlashishlarda kuzatiladi. Bunday ta’sirlashishlar yangi kimyoviy birikmalar hosil bo‘lishiga olib kelmaydi, faqat makromolekulalararo tortishish yoki itarishish jarayonlarini amalga oshishiga sabab bo‘ladi. Odatda, tortitish kuchlari ta’siri *3÷4 Å* da, shushingdek, itarishish kuchlar bundan ancha yaqin masofalarda namoyon bo‘ladi. Itarishish kuchlari

kvantomexanik tabiatli bo‘lib, bitta molekulyar orbitada qarama-qarshi yo‘nalishli spinga ega ikkitadan ortiq elektron joylasha olmaganligi sababli vujudga keladi. Makromolekulalararo tortishishlar asosan *vandervaals (dispersion, deformatsion* va *orientatsion)* va *ion ta’sirlashishlar, vodorod bog‘lari* hamda *komplekslar* hosil bo‘lishi orqali namoyon bo‘ladi.

Turli qutbli va qutbsiz molekulalararo ta’sirlashishni eng universal turi *dispersion* ta’sirlashish hisoblanadi. Dispersion ta‘sirlashish kuchlarining vujudga kelishi kvant mexanikasi qonunlari yordamida tushuntiriladi va ushbu turdagi ta’sirlashish energiyasi $(U_{disp.})$ quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$U_{disp.} = -(3/2r^6)[I_1I_2/(I_1 - I_2)]\,\alpha_1\alpha_2 \qquad (14.1)$$

bu yerda r – molekulalararo masofa; I_1 va I_2 - molekula ionizatsiya energiyasi; α_1 va α_2 - o‘zaro ta‘sirlashayotgan ikkita molekulaning qutblanganligi.

Agar ikkala molekula ham dipol tuzilishga ega bo‘lsa, ular orasida *dipol – dipol* yoki *orientatsion* ta‘sirlashishlar vujudga keladi hamda energiyasi ($U_{or.}$) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$U_{or.} = -(3/2r^6)[\mu_1^2\mu_2^2/kT] \qquad (14.2)$$

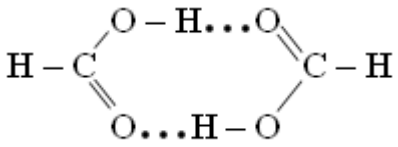
bu yerda μ_1 va μ_2 - molekulalar dipol momenti; k – Bolsman doimiysi; T – harorat.

Agar birinchi molekula dipol tuzilishga ega va ikkinchisi qutbsiz bo‘lsa, unda ikkinchi molekula birinchi molekulaning dipol maydonida qutblanadi. Chunki qutblanmagan molekulada elektronning siljishi va majburiy dipol hosil qilishi mumkin. Ushbu ta’sirlashish *deformatsion* deb yuritiladi va energiyasi (U_{def})..quyidagi tenglama bilan ifodanaladi:

$$U_{def} \approx (2/r^6)\,\mu^2\alpha \qquad (14.3)$$

bu yerda α - qutbsiz molekulaning qutblanishi.

Energiyasi $U_{or.}$ dan ancha katta, ammo kovalent bog‘lanish energiyasidan deyarli bir tartibga kichik bo‘lgan vodorod atomi hisobiga amalga oshadigan ta’sirlashish bo‘lib, unda energiyasi $U_{vod} = 3 \div 30$ *kj/mol* diapazonida bo‘lgan *vodorod bog‘lar* hosil bo‘ladi. Quyidagi chizmada vodorod bog‘i H va O o‘rtasida nuqtalar orqali ifodalangan:



Odatda vodorod bog‘larni ON, COON, NHCO guruhlar hosil qiladi. Agar molekulada ionlashadigan guruhlar bo‘lsa, ular orasida *ion ta’sirlashishlar* hisobiga tortishish va itarishish kuchlari namoyon bo‘ladi. Uning energiyasi atomlar orasidagi masofaga teskari proporsioanal bo‘lib, ta‘sir etish masofasi vodorod energiyasinikidan ancha katta bo‘ladi.

Umuman olganda polimerlarda vandervaals (dispersion, deformatsion, orientatsion) va ion ta’sirlashishlar, vodorod bog‘lari *kuchsiz ta’sirlashishlar* va *bog‘lar* deb e’tirof etiladi. Polimerlarda katta energiyali *kuchli bog‘lar* bu zanjir elementlarini kimyoviy birikib hosil qilgan kovalent (*250 ÷ 300 kJ/mol*) bog‘lari hisoblanadi. Agar polimer tizimga tashqi fizik (issiqlik, mexanik, nurlanish) faktorlar, shuningdek, turli erituvchilar, ayniqsa, kislotalar, ishqorlar va tuzli eritmalar ta’sir etsa dastlab kuchsiz ta’sirlashishlar va bog‘lar uziladi, so‘ngra kuchli kimyoviy bog‘lar parchalanadi. Odatda kimyoviy bog‘larning uzilishi, ya’ni polimerlarning parchalanishi *300 ^{o}C* dan yuqori haroratlarda hamda kuchli kislotali va ishqorli muhitlarda ro‘y beradi.

Ammo, teskari jarayon, ya‘ni elementlarni kimyoviy birikishi – polimer sintezi nisbatan past haroratlarda reaksion muhitlarda amalga oshadi. Masalan, tabiiy polimerlar organizm haroratida sintez bo‘ladi, vaholanki organizmdagi harorat atrof muhit haroratidan unchalik katta farq qilmaydi. Umuman olganda polimerlar, ya’ni yuqori molekulyar birikmalar hosil bo‘lishi *polimerlanish* va *polikondensatsiya* reaksiyalari bo‘yicha *kimyoviy* va *tabiiy* sintezlar orqali amalga oshadi. Sintez qilingan polimerlarni molekulyar tuzilishini o‘zgartirish uchun esa turli xil kimyoviy va fizikaviy *modifikatsiya* usullaridan foydalaniladi.

Polimerlanish va uning turlari

Elementar zvenolarning uchlarida reaksion *faol markazlar* bo‘lib, ular orqali birikish - sintez amalga oshadi. Faol markazlar tabiatiga (*radikal* yoki *ion*) bog‘liq holda polimerlanish *radikalli* yoki *ionli* deb farqlanadi.

a) Radikal polimerlanish hamma vaqt *zanjirli mexanizm* bo‘yicha amalga oshadi. Bunda faol markazlar funksiyasini erkin radikallar bajaradi. Radikal polimerlanishni amalga oshiradigan eng taniqli monomerlar guruhiga etilen, vinilxlorid, akrilonitril, metakrilat, stirol, butadien kabilar kiradi. Radikal polimerlanish jarayoni bir nechta elementar kimyoviy bosqichlarni o‘z ichiga oladi: *initsirlash, zanjir o‘sishi, zanjir uzilishi* va *zanjir uzatilishi.*

Initsirlash reaksiya muhitida reaksion zanjirlarni boshlovchi erkin radikallarni yaratish jarayonidir. Bunday jarayonni amalga oshiradigan moddalar *initsiator* deyiladi. Masalan, oksidlovchi-qaytaruvchi (tiklanuvchi) tizimlar initsiator bo‘la oladi. Shuningdek, radikal polimerlanishda yorug‘lik kvantini yutish orqali *fotokimyoviy initsirlash* va yuqori energetik nurlanish (γ-nurlar, α-zarrachalar, neytronlar, elektronlar va sh.k.) orqali *radiatsion-kimyoviy initsirlash* qo‘llanadi.

Zanjir o‘sishi initsirlash natijasida hosil bo‘lgan erkin radikallarga monomerlarning birikish jarayonidir. Bu jarayon zanjir o‘sishi *tezligi doimiysi* (*k*) va *faollik energiyasi* (E_a) kabi parametrlarga bog‘liq. Odatda $E_a = 12 – 40$ *kJ/mol.*

Zanjir uzilishi zanjirlarni kinetik va material cheklanish reaksiyasi bo‘lib, bu jarayon tizimda faol markazlarni yo‘qolishiga yoki ular o‘rniga yetarlicha faol bo‘lmagan monomerlar paydo bo‘lishiga, zanjirlarni o‘sishini to‘xtashiga olib keladi. Natijada turli molekulyar massali zanjirlar hosil bo‘ladi va *polimolekulyarlik*, ya‘ni *polidisperslik* yuqori bo‘lishi kuzatiladi. Bunda zanjir uzilish faollik energiyasi $E_a = 6$ *kJ/mol* dan oshmaydi. Zanjirlar uzilishini amalga oshirish, ya’ni radikallar bilan ta‘sirlashib reaksiyani to‘xtatish uchun *ingibitor* moddalar ham qo‘llanadi.

Zanjir uzatish reaksiyasida biror bir tanlangan *zanjir uzatish* molekulasi bilan o‘sadigan radikal atomi uziladi, natijada yangi radikal hosil bo‘ladi va zanjir o‘sishining kinetik reaksiyasi davom etadi.

Polimerlanish darajasi (*R*) sintez qilingan polimer uchun kinetik tadqiqotlar natijalari asosida hisoblanadi. Uning miqdori $R = s/Z$, ya‘ni polimerlanish davrida polimer molekulasi tarkibiga kirgan monomerlar sonini (*s*) hosil bo‘lgan molekulyar zanjirlar soniga (*Z*) nisbatiga teng. Shuningdek, *R* miqdori bevosita

polimerlanish paytida aniqlashini mumkin. Buning uchun zanjir o‘sish tezligi (v_p), zanjirni bimolekulyar uzilish tezligi (v_o) hamda monomer va erituvchiga zanjir uzatish tezligi yig‘indisi (v_{uzat}) aniqlanadi va $R = v_p\,(v_o + \Sigma v_{uzat})$ formula yordamida R miqdori hisoblanadi.

b) Ionli polimerlanish kinetik qonuniyatlari va mexanizmlari murakkab bo‘lib, unda oraliq faol markazlar turli shakllarda bo‘lishi mumkin: *erkin ionlar, ion juftligi, polyarizatsion komplekslar* va sh.k. Zanjirli ion polimerlanish ikki tipga bo‘linadi: *kationli* va *anionli.*

Kationli polimerlanish jarayonida o‘sayotgan zanjirning reaksion qobiliyatli uchi *musbat* zaryadlangan bo‘ladi:

$$\sim M_n^+ + M \longrightarrow \sim M_{n+1}^+$$

Anionli polimerlanish jarayonida o‘sayotgan zanjirning reaksion qobiliyatli uchi *manfiy* zaryadlangan bo‘ladi:

$$\sim M_n^- + M \longrightarrow \sim M_{n+1}^-$$

c) Steroregulyarlik. Polimer zanjirida monomer zvenolar turli xil fazoviy konfiguratsion shaklga ega bo‘ladi. *Konfiguratsiya* tushunchasi atomlarni zanjirdagi geometrik joylashishini anglatadi va uni faqat kimyoviy bog‘larni uzish yoki qayta tiklash orqali o‘zgartirish mumkin. Turli xil ketma-ketlikda birikish imkoniyatidan monomer zvenolarining faqat bir xil konfiguratsiyasi takrorlansa yoki bir necha konfiguratsiyalar ma’lum bir qonuniyat asosida takrorlansa polimerlanish *stero o‘ziga xoslik* deyiladi va polimer *steroregulyar* deb yuritiladi. Radikal va ion polimerlanishda steroregulyarlik holati kuzatiladi.

Polimerlanishda monomer zvenolar “*boshga bosh*” yoki “*boshga dum*” holatlarida birikishi mumkin. Bunday monomerlar tartiblanishiga ega polimyerda atomlar *psevdoasimmetrik* joylashgan bo‘ladi. Makromolekulada psevdo-asimmetrik atomlar konfiguratsiyasi bir xil bo‘lsa, zanjir *izotaktik* (a), agarda psevdosimmetrik atomlar konfiguratsiyasi qarama - qarshi bo‘lsa va qat‘iyan ketma-ket kelsa, bunday zanjirlar *sindotaktik* (b) deyiladi. Psevdoasimmetrik atomlarni tasodifiy ketma-ketlikdagi zanjir konfiguratsiyasi mavjud bo‘lgan makromolekulalar *ataktik* (c) deb ataladi.



33-rasm

a b c

Ushbu formulalar asosida Fisherning psevdoasimmetrik atomlar konfiguratsiyalari ifodalangan polimer zanjirlar proeksion tasvirlaridir.

g) Polimerlanish usullari. Amaliyotda polimerlanishning to‘rtta usuli kengroq qo‘llanadi: *blokda; eritmada; emulsiyada; suspenziyada*.

Blokda (massada) polimerlanish – bu kondensirlangan fazada erituvchi bo‘lmagan holda monomerlarning polimerlanishini amalga oshirishdir. Reaksiya davomida monolit blok shakllanadi, u o‘zi sintez bo‘lgan idish yoki qolipning shaklini egallaydi. Usulning afzalligi erituvchi ishlatilmasligi va qolipda kerakli shakldagi material va buyumni shakllantirish imkoniyati mavjudligidir. Asosiy kamchilik esa ajralib chiqqan issiqlikni bartaraf etishning murakkabligidir.

Eritmada polimerlanish jarayoni monomerni hosil bo‘ladigan polimer bilan aralashadigan suyuqlikda, yoki faqat monomer eriydigan muhitda olib boriladi. Usulning afzalligi ajraladigan issiqlikni oson chiqarib yuborish imkoniyatini mavjudligidadir. Kamchiliklar esa erituvchi tayyorlash va uni regeneratsiya qilish, olingan polimerni yuvish va quritish bilan bog‘liq qo‘shimcha sarf-xarajatlardir.

Emulsiyada polimerlanish aralashmaydigan fazalar orasidagi mukammal sirtli muhitida amalga oshiriladi. Bunday fazalar birida monomer bo‘ladi. Emulgator qo‘shilishi bilan mitsellalar hosil bo‘ladi, unda monomer qisman eriydi va qisman tomchi (10^{-8} *sm*) bo‘lib shakllanadi. Mitsella soni tomchinikidan 10^{6} marta katta bo‘ladi. Tomchilar polimerlanishi mitsellada boshlanadi, ya’ni kolloid zarrachalar ulkan lateks zarrachalarga aylanadi. Bunday murakkab kimyoviy jarayon emulsion polimerlanish deb yuritiladi.

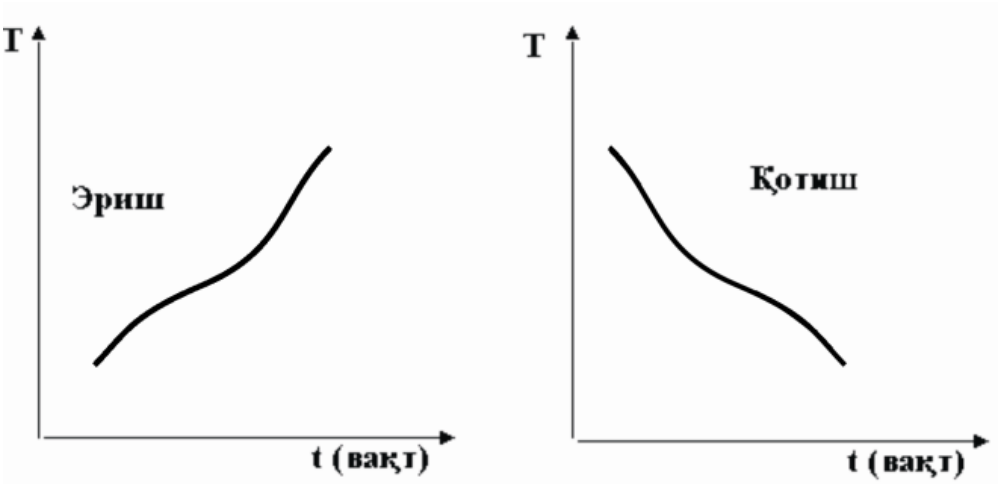
Suspenziyada polimerlanish jarayoni tomchilar ko‘rinishidagi ($10^{-5} \div 10^{-1}$ *sm*) monomerlarni, ular erimaydigan yoki o‘ta yomon eriydigan muhitda (odatda suvda) amalga oshiriladi. Odatda, tomchilar suvda eruvchan polimerlar bilan

barqarorlashtiriladi va monomyerda eriydigan radikal initsiator yordamida polimerlanish olib boriladi.

Polimerlanishning ushbu usullari reaksiya kirishadigan komponentlarning tabiatiga va miqdoriga hamda kinetik jarayonni, ya‘ni reaksiyani qay darajada tezlikda amalga oshishiga bog‘liq bo‘ladi. Buning uchun polimerlanish jaroyonining kinetik qonuniyatlari aniqlanishi o‘ta muhim ahamiyat kasb etadi.

15-MAVZU: QATTIQ JISMLAR FIZIKASI.

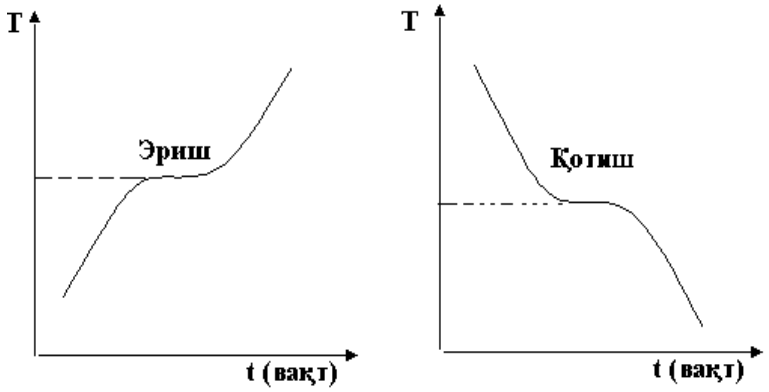
Qattiq jismlar zarralari orasidagi potensial energiya kinetik energiyaga nisbatan bir necha barobar katta va shuning uchun ham ular o‘z hajmi va shakllarini saqlay oladi. Biroq shunday qattiq moddalar ham borki, ular o‘z shakllarini saqlay olsalarda, boshqa xossalari bilan suyuqliklarga o‘xshaydi. Bunday qattiq moddalarga amorf moddalar deyiladi. Amorf moddalarga turli xil smolalar, plastmassalar, shishalar, parafin kabi moddalar misol bo‘la oladi. Bu moddalar aslida yopishqoqligi katta bo‘lgan suyuqliklardir. Chunki bu moddani tashkil etuvchi zarralar suyuqliklardagi kabi yaqin tartibda joylashgan. Ular qizdirilsa avval yumshaydi va asta sekin eriydi. Erish davomida ularning temperaturasi o‘zgarib boradi. Xuddi shuningdek qotishi ham bir temperaturada bo‘lmasdan temperatura pasaygan sari asta-sekin qotadi (34-rasm).



34-rasm

Bunday moddalardan farqli o‘laroq shunday qattiq jismlar ham borki, ular aniq erish va qotish temperaturalariga ega. Erish va qotish paytida ularning

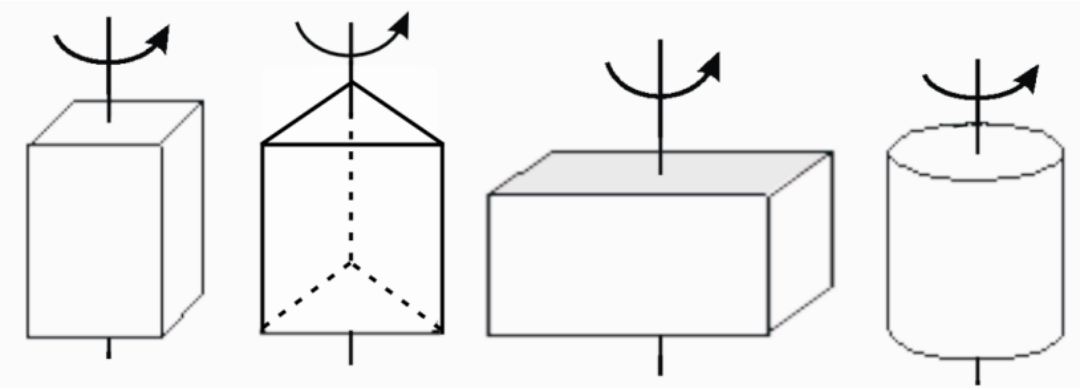
temperaturalari o‘zgarmaydi (34-rasm) va bu jismlarga kristall jismlar deyiladi. Bundan keyin qattiq jismlar haqida so‘z borganda ana shu kristall jismlar tushunilmog‘i lozim.



35-rasm

Qattiq jismlarning gazlar va suyuqliklardan farqli o‘ziga xos jihatlaridan biri ularning anizotropiyasidir. Kristallarning anizotropiyasi ularni tashkil etuvchi zarralarning joylashishi aniq fazoviy strukturaga va davriylikka ega ega bo‘lib, bu struktura ma’lum simmetriyaga ega ekanligidan kelib chiqadi. Qattiq jismlar simmetriyasi ularni gaz va suyuqlikdan farq qilishga olib keluvchi asosiy ko‘rsatkichdir. Qattiq jismlarning simmetrikligi o‘rin almashtirishlarda o‘z-o‘zini qoplash darajasi bilan aniqlanadi. Boshqacha aytganda simmetriya deganda, ma’lum harakat va operatsiyalar tufayli qattiq jismlarning o‘z-o‘zini qoplay olish imkoniyati tushuniladi.

Jismlarning o‘z-o‘zini qoplay olish qancha ko‘p operatsiyalar tufayli amalga oshirilsa, uning simmetriklik darajasi shunday yuqori hisoblanadi. Bir necha misollar keltiraylik: asosi kvadrat bo‘lgan muntazam prizma markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida har 90° burchakka burilganda, o‘z-o‘zini qoplaydi. Bir marta to‘la aylanganda to‘rt marta o‘z-o‘zini qoplaydi (36-rasm, a)). Prizmaning asosi muntazam uchburchak bo‘lsa, o‘z-o‘zini qoplashga har 120° ga burilganda va bir to‘la aylanganda uch marta erishiladi (36-rasm, b)).



a) *b)* *v)* *g)*

36-rasm

Prizmaning asosi kvadrat bo‘lmagan to‘rtburchak bo‘lsa, o‘q atrofida 180° burchakka burilganda o‘z-o‘zini qoplash ro‘y beradi. Asosi doiradan iborat bo‘lgan silindrni o‘q atrofida istalgan burchakka burganda ham (farqi yo‘q) o‘z-o‘zini qoplayveradi.

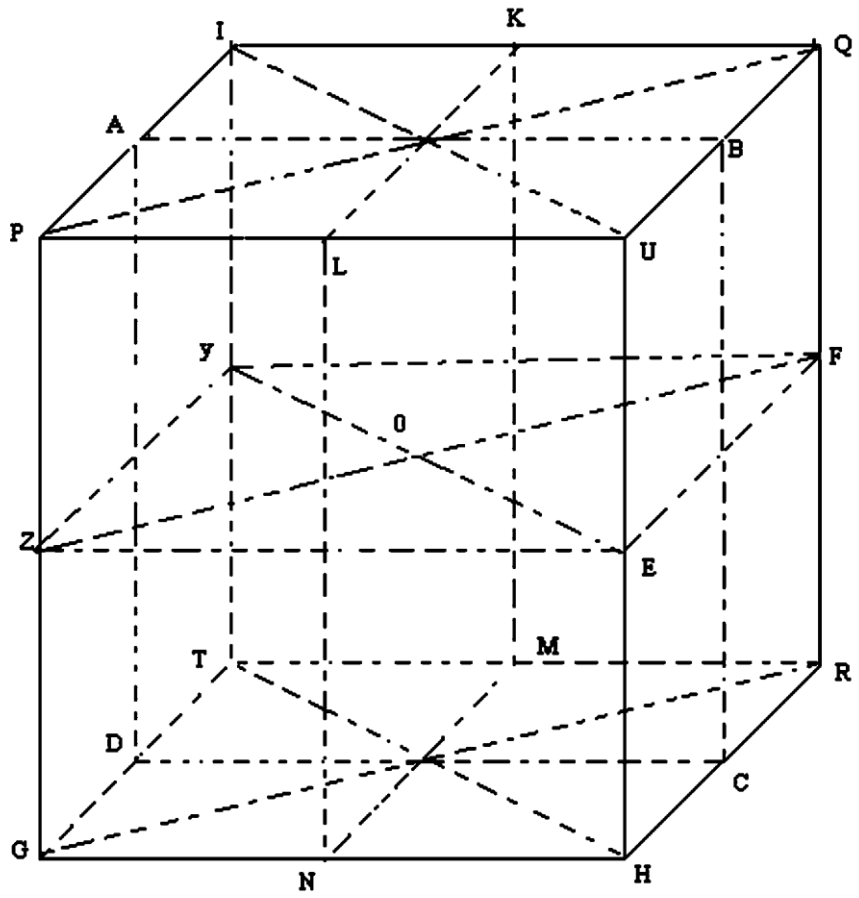
Jismlarning o‘z-o‘zini qoplashiga jismni faqatgina ma’lum o‘q atrofida aylantirish orqali erishilmasdan boshqa operatsiyalar tufayli ham erishish mumkin. Ana shunday barcha operatsiyalar to‘plamiga simmetriya elementlari deyiladi.

Qattiq jismlarning tuzilishi xilma xil bo‘lishiga qaramasdan ularning o‘z-o‘zini qoplashiga faqat to‘rtta simmetriya elementlari yoki ularning kombinatsiyalari orqali erishish mumkin. Bu simmetriya elementlariga quyidagilar kiradi:

1. Simmetriya o‘qlari. Agar jismning o‘z-o‘zini qoplashishiga erishishi ma’lum o‘q atrofida $\varphi = \frac{360^0}{n}$ burchakka burish tufayli erishilsa, bu o‘qqa *n*–tartibli simmetriya o‘qi deyiladi. Masalan, yuqorida ko‘rib o‘tilgan kvadratik prizma o‘z vertikal o‘qi atrofida xar 90° burchakka burilganda o‘z-o‘zini qoplaganligi uchun u $n = \frac{2\pi}{90} = 4$ tartibli vertikal simmetriya o‘qiga ega deyiladi. Bundan tashqari bu prizma yana 2 ta ikkinchi tartibli simmetriya o‘qiga ega (*x* va *u* o‘qlari bo‘yicha).

Har qanday jism istalgan nuqtasidan (36-rasm, a)) o‘tgan o‘q atrofida 2π burchakka burilganda o‘z-o‘zini qoplaganliklari uchun tabiatdagi barcha jismlar birinchi tartibli simmetriya o‘qiga ega.

2. Simmetriya tekisliklari. Agar jismlarning o‘z-o‘zini qoplashi uning



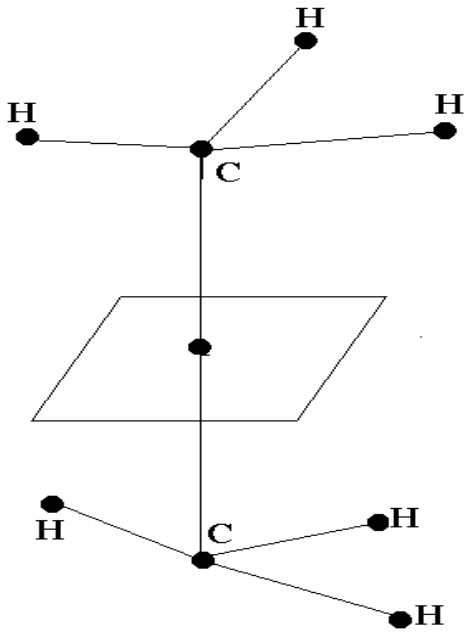
37-rasm

kesimlarining biror tekislikda ko‘zguli aks ettirish orqali erishilsa, bu tekislikka simmetriya tekisligi deyi-ladi. Masalan, kvadratik prizma beshta simmetriya tekisligiga ega (*AVSD, LKMN, FEZY, PQGR, JUHT*) (37-rasm).

3. Simmetriya markazi. Jismning o‘z-o‘zini qoplashi biror markazda invers aks ettirish orqali erishilsa, bu markazga simmetriya markazi deyiladi. Masalan, kvadratik prizmada 0 nuqta simmetriya markazi hisoblanadi. Bu jismning o‘z-o‘zini qoplashiga shu 0 nuqtaga ko‘zguli aks ettirish orqali ham erishish mumkin (37-rasm).

4. Buralma-akslanma simmetriya o‘qi. Agar jismlar-ning o‘z-o‘zini qoplashiga ma’lum o‘q atrofida $\frac{360^0}{n}$ burchakka burilib, keyin biror tekislikda

ko‘zguli aks ettirish orqali erishilsa bunday simmetriya elementiga *n*–tartibli buralma-akslanma simmetriya o‘qi deyiladi. Masalan, etan molekulasi 3-tartibli buralma-akslanma simmetriya o‘qiga ega (38-rasm).



38-rasm

Jismlarni xarakterlaydigan simmetriya elementlarining to‘pla-miga simmetriya gruppasi deyiladi. Jism qancha ko‘p simmetriya elementlariga ega bo‘lsa, u shuncha ko‘p simmetriklikka ega bo‘ladi. Masalan, shar markazdan o‘tuvchi cheksiz sondagi simmetriya tekisligiga va simmetriya o‘qiga hamda simmetriya markaziga ega. Shuning uchun ham shar o‘ta simmetrik shakldir.

Yuqorida ko‘rib o‘tilgan simmetriya elementlari turli xil kristallarda turli xil kombinatsiyada uchrashi mumkin, ya’ni bir kristallning o‘zi bir necha simmetriya elementlariga ega bo‘lishi mumkin. Aniq izlanishlar tabiatdagi barcha kristallar simmetriya elementlarining 32 xil kombinatsiyasidan iborat ekanligini ko‘rsatdi.

Kristallarda mavjud bo‘lgan ana shu simmetriya elementlarining kombinatsiyasi simmetriya sinfi deb aytiladi. Mavjud bo‘lgan barcha 32 simmetriya sinfini 7 simmetriya sistemasiga ajratib o‘rganiladi. Bularga triklin, monoklin, rombik, trigonal, geksagonal, tetrogonal va kubik sistemalar kiradi.

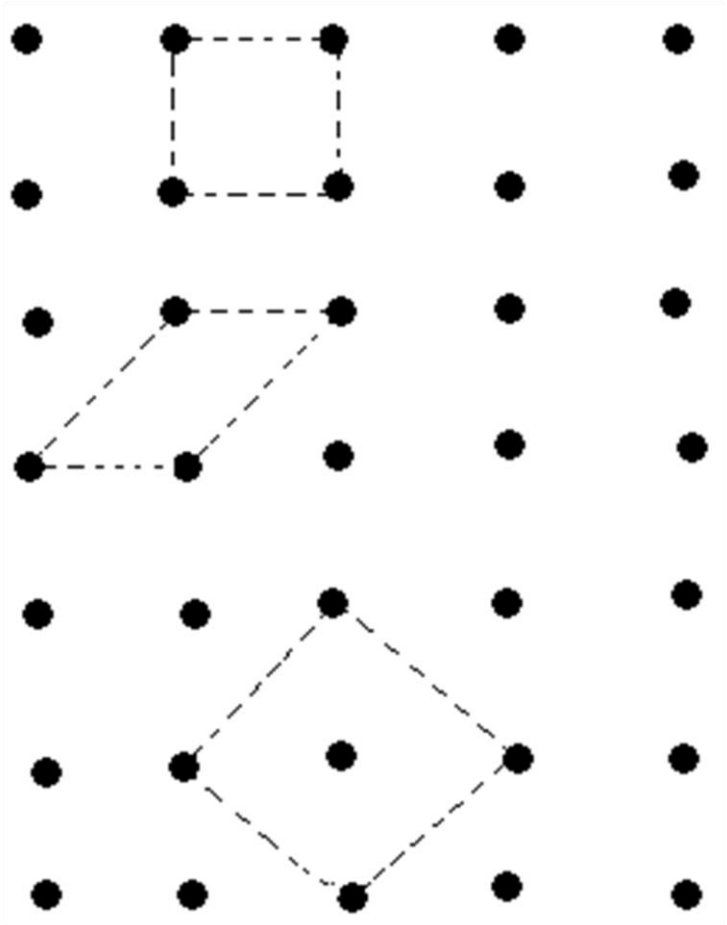
Kristall panjara. Brave panjarasi.

Qattiq jismlar simmetriyasi ularni tashkil etuvchi zarralarning simmetrik joylashuvidan kelib chiqadi. Qattiq jism zarralari fazoda bir-biridan ma’lum

masofada (fazoni *x,u,z* koordinata o‘qlari orqali tasvirlash mumkin) kristall panjara tugunlarida o‘rnashib, muvozanat holat atrofida tebranma harakatda bo‘ladi. Zarralar orasidagi masofa shu zarralar joylashishining muvozanatda bo‘lish sharti bilan aniqlanadi va masofa uch yo‘nalishda butun qattiq jism bo‘ylab davriy ravishda takrorlanadi.

Kristallning ma’lum tekislikdagi zarralari (atom, ion, molekulalari) ning joylashish tartibi bilan tanishaylik.

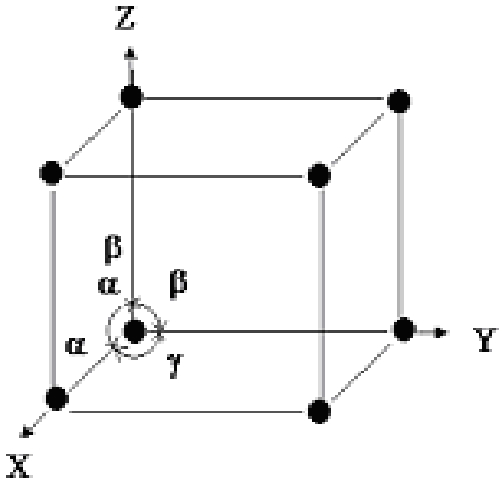
Zarralar orasidagi masofa ma’lum yo‘nalishda bir xil bo‘lib, davriy ravishda takrorlanib keladi va butun kristall ana shunday takrorlanib keluvchi zarralar sistemasidan tashkil topadi.



39-rasm

39-rasmda tekislikda tasvirlangan kristall kesimining to‘rtburchak, parallelogramm, romb shakllaridan iborat figuralarning davriy takrorlanishidan hosil bo‘lishi ko‘rsatilgan. Agar bu panjarani fazoda tasvirlaydigan bo‘lsak, 40-rasmdagi tasvir hosil bo‘ladi. Kristallar ana shunday elementar panjaralarning

davriy takrorlani-shidan hosil bo‘ladi. Kristall zarralari joylashadigan nuqtalarga ularning tugunlari deyiladi.



40-rasm

Kristall panjara tugunining istalganini koordinata boshlani-shi deb olib, boshqa tugunlarning fazodagi holatini shu nuqtaga nisbatan aniqlash mumkin:

$$r = m_0 a + n_0 b + p_0 c$$

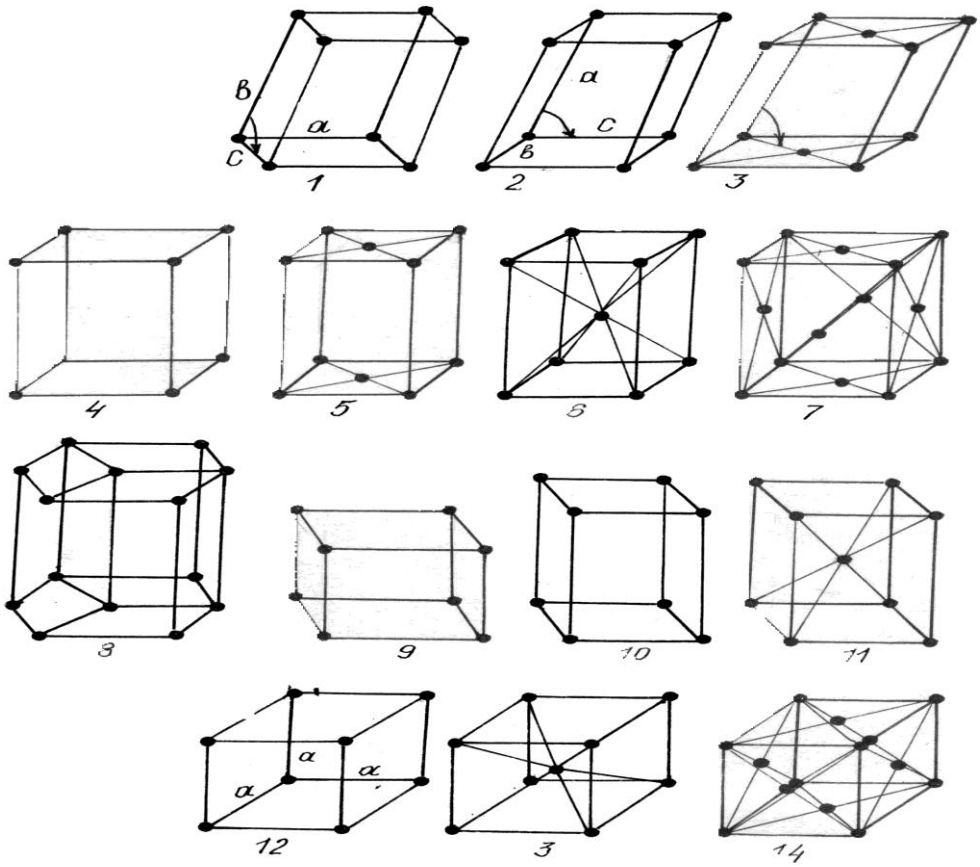
bu yerda m_0, n_0, p_0 – butun sonlar, a,b,c lar elementar panjara bazislari yoki davrlari deyiladi.

Qirralarining uzunliklari panjara davrlariga teng bo‘lgan va tugunlarida zarralar joylashgan fazoviy panjara elementar panjarani tashkil etadi. Ana shu elementar panjarani bazislar yo‘nalishida o‘z-o‘ziga parallel ko‘chirishdan hosil bo‘ladigan panjaraga Brave panjarasi deyiladi.

Ko‘p hollarda kristall bir emas, bir necha Brave panjaralaridan tashkil topadi. Barcha kristallarning tuzilishini o‘rganish hammasi bo‘lib o‘n to‘rt xil Brave panjaralari mavjud ekanligini ko‘rsatdi.

Bularga triklin 1 ($a \neq b \neq c,\ \ \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$ bo‘lgan parallelepiped uchlarida joylashgan), monoklin 2, yoqlari markazlashgan monoklin 3, oddiy rombik 4, asosi markazlashgan rombik 5, hajmda markazlashgan rombik 6, yoqlari markazlashgan rombik 7, geksagonal 8, romboedrik 9, tetrogonal 10, hajmda markazlashgan tetrogonal 11, oddiy kubik 12, hajmda markazlashgan kubik 13 va yoqlari markazlashgan kubik 14 panjaralar kiradi (41-rasm). Bular orasida eng kam

simmetriklikka triklin panjara ega bo‘lsa, eng maksimal simmetriyaga kubik panjara ega.



41-rasm

Kristall panjara parallelepipeddan iborat bo‘lib, bu parallelepipedning yon tomon, qirralari va hajmida zarralar bo‘lmasdan, faqat uchlarida bo‘lsa, bunday pajaraga primetiv (sodda) panjara deyiladi.

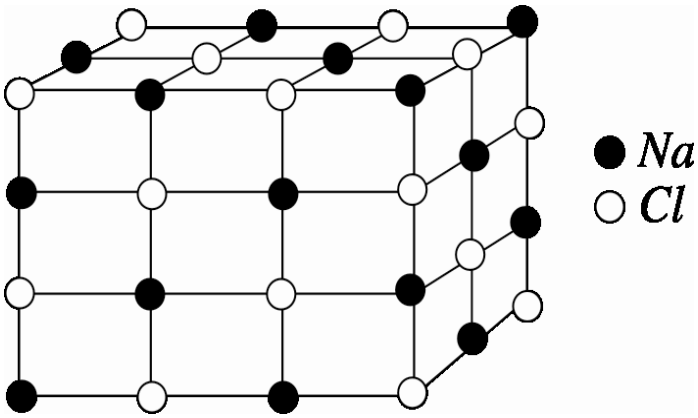
Kristall panjarada zarralar faqat tugunlarda emas, yon tomon markazida, qirra markazida, hajm markazida ham bo‘lishi mumkin. Bunday panjaralarga yon tomonda markazlashgan (3,5,7,8,14), hajmda markazlashgan (6,11,13) elementar panjaralar ham deb yuritiladi.

Kristall panjaralarning muhim xossalaridan biri uni o‘z bazisiga parallel ko‘chirilganda o‘z-o‘zini qoplashidir. Shuning uchun kristall panjara qattiq jismlarga tegishli simmetriya elementlaridan tashqari translyatsion (o‘z-o‘ziga parallel ko‘chirish) simmetriya elementiga ham ega. Elementar panjarani *r* vektori bo‘yicha siljitilsa, o‘z-o‘zini qoplaganligi uchun *r* ga translyatsiya vektori ham deyiladi.

Shunday qilib, Brave panjarasi kristall panjaraning tamomila aniq tuguni uchun uni a,b,c o‘qlari bo‘ylab o‘z-o‘ziga parallel ko‘chirish Yo‘li bilan yasaladi.

Agar boshlang‘ich nuqta sifatida boshqa tugun tanlansa, u holda boshqa Brave panjarasi hosil bo‘lishi mumkin. Ayrim hollarda bitta kristall bir-biriga nisbatan ko‘chirilgan bir necha Brave panjaralari sistemasidan iborat bo‘lishi mumkin.

Masalan, *NaCl* kristall Na^+ va Cl^- ionlaridan tashkil topgan ikki Brave panjarasidan iborat bo‘lib, bu panjaralar bir-biriga nisbatan kub qirrasining yarmiga teng masofaga ko‘chirilgan (42-rasm).



42-rasm

Elementar panjara ham translyatsiya vektori-dan tashqari, simmetriya tekisliklari, simmetriya markazi, simmetriya o‘q-lari, buralma-akslanma o‘qlari – vint o‘qi va sirpanish tekisligi kabi simmetriya elementlariga ega. Berilgan panjara ega bo‘lgan barcha simmetriya elementlari to‘plami panjaraning fazoviy gruppasi deyiladi. Barcha kristall panjaralar uchun 230 xil fazoviy gruppalar mavjud bo‘lishi Y.S.Feodorov tomonidan ko‘rsatilgan.

Shunday qilib, qattiq jismlar davriy ravishda takrorlanib keluvchi elementar – kristall panjaradan tuzilgan bo‘lib, bu davriylik butun kristall bo‘ylab, ya’ni bir necha zarralar orasidagi masofasigacha ham davom etadi. Shuning uchun ham qattiq jismlar uzoq tartibga ega deb aytiladi.

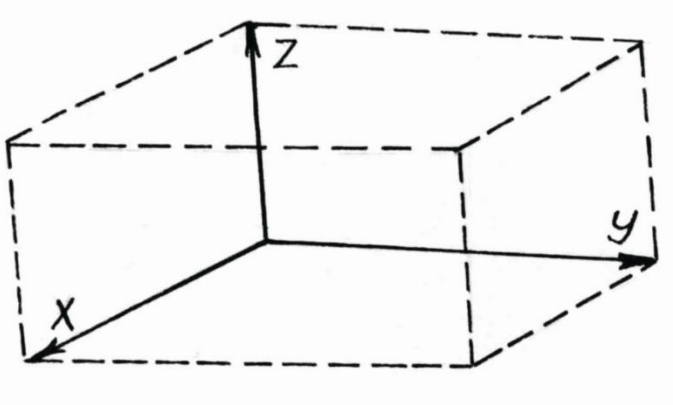
Kristallardagi tekisliklar va yo‘nalishlarning simvolik belgilari. Miller indekslari. Yuqorida ta’kidlanganidek, kristallar anizotropiyasi uning turli xil yo‘nalishlardagi zarralari orasidagi masofa turlicha va binobarin, xossalari turlicha ekanligidan kelib chiqadi. Shuning uchun bu yo‘nalishlarni farqlash va ularni

ma’lum tarzda belgilash kerak. Kristall panjaradagi atomlar vaziyatini aniqlash uchun maxsus koordinatalar sistemasidan foydalaniladi. Panjara tugunlaridan biri koordinata boshi qilib, elementar panjaraning mos qirralari esa koordinata o‘qlari qilib olinadi. Bundan ko‘rinadiki, bu koordinata o‘qlari to‘g‘ri burchakli yoki o‘zaro perpendikulyar bo‘lishi shart emas. Kristall panjaraning qirralari qanday bo‘lsa shundayligicha olinadi.

Kristallda atomlar yotuvchi cheksiz sondagi tekisliklarni tanlab olish mumkin. Bu tekisliklarning kristall o‘qlaridagi tenglamasi

$$\frac{x}{A}+\frac{y}{B}+\frac{z}{C}=1 \qquad (14.4)$$

bilan aniqlanadi. Bu yerda *A,V,S, x,y,z* o‘qlaridagi kesma uzunliklari. Birlik uzunlik qilib Brave panjarasi – parallelepipedi qirralarining uzunligi olinadi va parallelepiped qirralarining uzunligi turlicha bo‘lganligi uchun uning turli yo‘nalishdagi uzunlik birligi turlicha bo‘ladi (42-rasm).



42-rasm

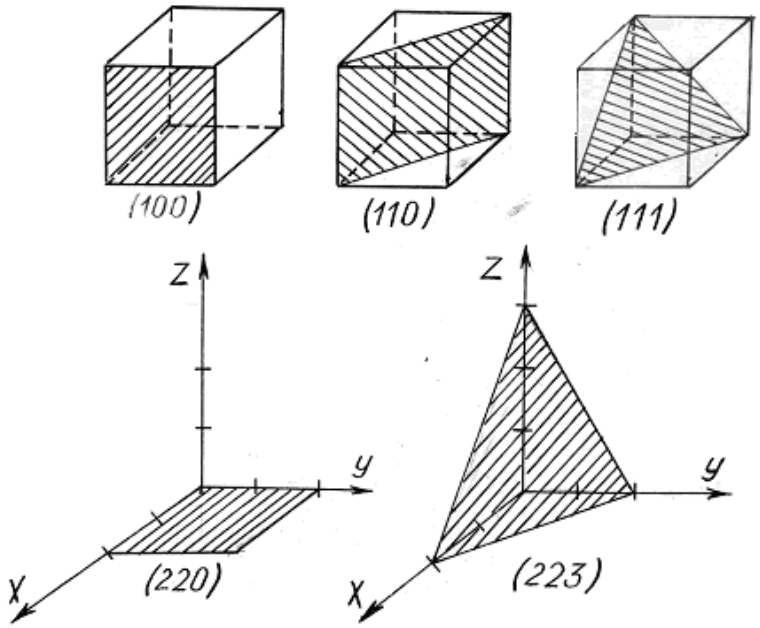
A,B,C lar ana shu uzunlik birliklariga karrali miqdorlardir. Umuman aytganda bunday tekisliklar tugunlar-dan o‘tmasliklari ham mumkin. U holda *A,B,C* lar butun sonlar bo‘lmasdan, kasr sonlar ham bo‘lishi mumkin. Lekin har doim ratsional sonlardir.

(14.4) tenglamani

$$hx+ky+lz=D \qquad (14.3)$$

ko‘rinishda ham yozish mumkin.

Bu yerdagi *h,k,l* lar butun sonlardan iborat bo‘lib, Miller indekslari deyiladi. Bu indekslar kristalldagi teksliklar holatini bir qiymatli aniqlaydi va (*hkl*) ko‘rinishda yoziladi. Minus ishora Miller indekslarining ustiga qo‘yiladi. 43-rasmda Miller indekslarining qo‘llanishiga doir misollar keltirilgan.



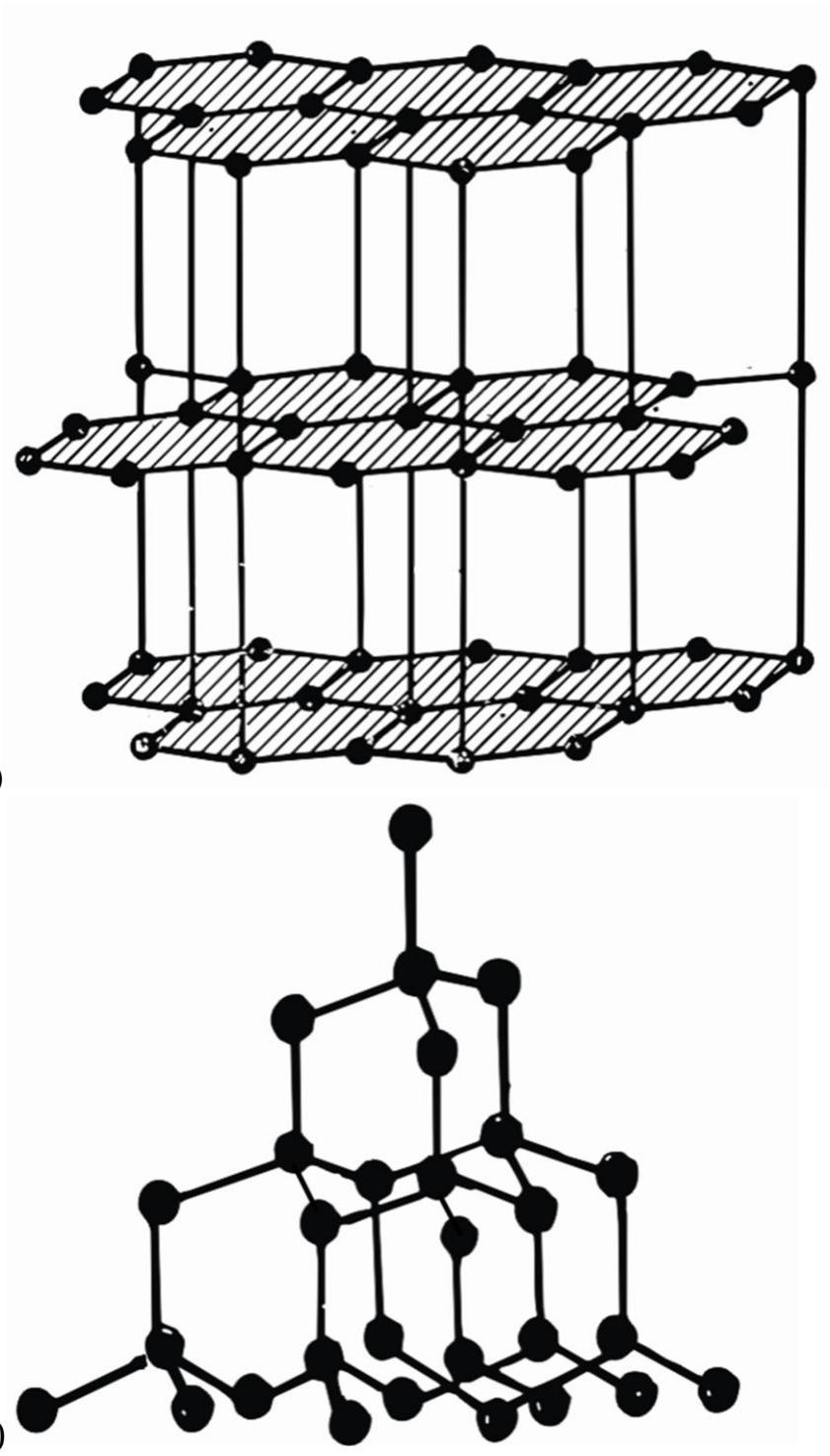
43-rasm

Kristalldagi yo‘nalishlar ham indekslar bilan belgilanadi. Yo‘nalishlarni belgilashda indekslar o‘rta qavsga olinadi va yo‘nalish indeks bilan aniqlanadigan tekislikka perpendikulyar yo‘nalishdan iborat. Masalan, [330] yo‘nalish (330) tekislikka perpendikulyar yo‘nalishni xarakterlaydi.

Ximiyaviy elementlar va kristall panjara turlari.

Kristallning xossalari panjara tugunida turgan zarralarning ximiyaviy tarkibi va kristall panjara strukturasi bilan aniqlanadi. Boshqacha qilib aytganda, strukturasi bir xil, lekin turli xil ximiyaviy elementlardan tashkil topgan kristallning xossalari bir-biridan keskin farq qiladi. Xuddi shuningdek, ximiyaviy tarkibi bir xil, lekin strukturasi har xil panjaraga ega bo‘lgan kristallar xossalari ham bir-biridan keskin farq qiladi. Masalan, olmos va grafit kristallarining panjara tugunlarida uglerod atomlari joylashgan bo‘lishiga qaramasdan, ularning strukturasi bir-biridan farq qilganliklari uchun ularning xossalarida xam farq mavjud. Grafit geksagonal strukturaga ega bo‘lib (44-rasm), u yassi parallel qatlamlaridan tashkil topgan. Qo‘shni qatlamlar orasida masofa bir qatlamlardagi qo‘shni atomlar orasidagi

masofadan 2-3 marta katta bo‘lib, ular o‘zaro Van-der-Vals kuchlari orqali bog‘langan. Qo‘shni qatlamlarning ana shunday bog‘lanishi grafitdagi o‘ziga xos yumshoqlikka sabab bo‘ladi. Grafit kristalli bosilsa, u holda panjara qatlamlari



44-rasm

sirpanib, bir-biriga nisbatan siljiydi. Yozish uchun grafitning qo‘llanilishi uning shu xossasiga asoslangan (44-rasm, a)).

Olmos esa yoqlari markazlashgan ikkita kubik panjaradan iborat bo‘lib, ular bir-biriga nisbatan kub fazoviy diagonalining to‘rtdan bir ulushi qadar masofaga siljigan. Shuning uchun u yassi qatlamlarga ega emas, (44-rasm, b)) va uning ayrim qatlamini boshqa qatlamga nisbatan siljitib bo‘lmaydi.

Ana shunday ximiyaviy tarkibi bir xil, lekin strukturasi har xil bo‘lgan kristallarga polimorf kristallar, bu hodisaga esa polimorfizm deyiladi. Polimorfizm ko‘pgina kristallar uchun xos bo‘lgan xususiyatdir.

Masalan, muz bir necha polimorf ko‘rinishda bo‘lishi mumkin. Kristallar bir polimorf ko‘rinishdan ikkinchi ko‘rinishga o‘tkazilishi (o‘tishii) mumkin. Ana shunday o‘tishilarga polimorf o‘tishilar deyiladi. Polimorf o‘tishilar fazaviy o‘tishilardan iborat.

Panjara tugunlarida qanday zarralar joylashganligiga qarab, kristallar ionli, atomli, metall va molekulyar kristallarga bo‘linadi.

Ionli kristallarning panjara tugunlarida o‘zaro qarama-qarshi zaryadlangan ionlar navbatma-navbat joylashgan. Ionli kristallarga misol qilib osh tuzi (Na^+Cl^-) kristallini keltirish mumkin. Bunday kristallarning hosil bo‘lishida Kulon kuchlari asosiy rol o‘ynaydi. Ionli kristallarga shuningdek, *CaCl* (dala shpati), *CsCl, AuZn* kristallari ham kiradi.

Atomli kristallarda panjara tugunlarida atomlar bo‘lib, ular o‘zaro gomeopolyar yoki kovalent bog‘lanish orqali bog‘langan. Bu bog‘lanish elektronlar va atom yadrosidagi elektrostatik ta’sir tufayli hosil bo‘ladi. Bunday kristallarning tuzilishini kvant nazariyasi asosida to‘la tushuntirish mumkin. Olmos, grafit kabi kristallar atomli kristallarga misol bo‘la oladi.

Metall kristallarining tugunlarida metall atomining musbat ioni joylashgan bo‘lib, oraliqda erkin elektronlar gazi mavjud. Bitta markazdan o‘sgan kristallarga monokristallar, ko‘p markazdan iborat kristallarga polikristallar deyiladi. Metalli kristallar yagona markazga ega bo‘lgan monokristallar shaklida juda kam uchraydi. Ular asosan polikristallar ko‘rinishida, ya’ni juda ko‘p mayda va tartibsiz orientatsiyalangan monokristallardan tuzilgan bo‘ladi. Bunday kristallarga barcha metall kristallar (*Al,Fe,Zn,Au*) misol bo‘la oladi.

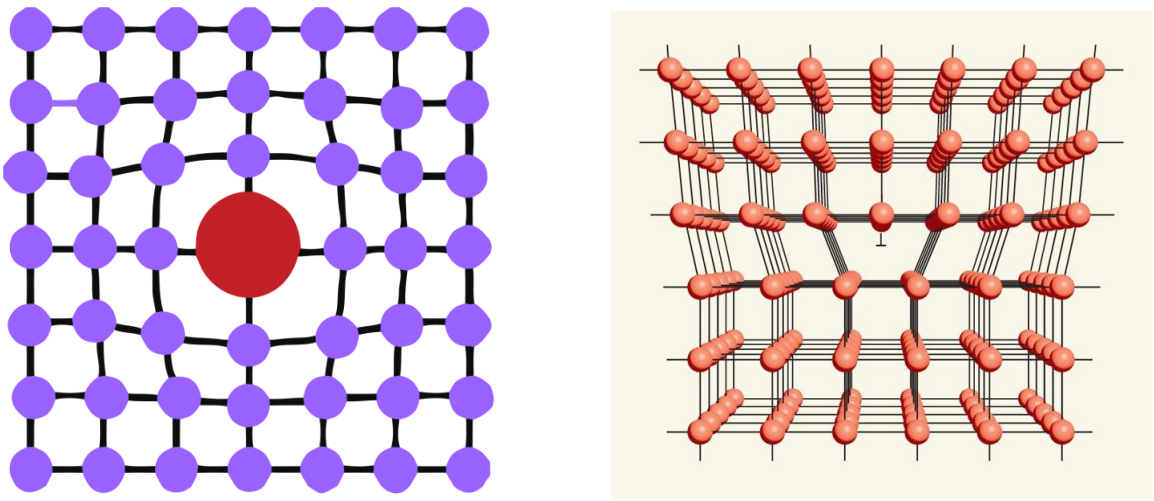
Shunday kristallar ham borki, bunday kristallar tugunlarida molekulalar joylashgan bo‘lib, ular Van-der-Vals kuchlari hisobiga kristallik strukturani tashkil etadi. Bunday kristallarga naftalin, O_2, N_2, I_2, CO_2 kristallari misol bo‘la oladi. Molekulyar kristallar dipolli molekulalarning o‘zaro ta’sir kuchi orqali bog‘langan bo‘lganligi uchun ularning mustahkamligi ancha kamdir.

Shunday qilib, kristallar panjara tugunida qanday zarralar turganliklari va strukturasiga ko‘ra rang-barang bo‘ladi.

Kristallardagi nuqsonlar

Kristall panjara tugunlarida zarralarning joylashish tartiblari turli sabablarga ko‘ra buzilishi mumkin. Bu esa ularning ko‘pgina xossalariga ta’sir etadi. Kristallardagi ana shunday nuqsonlar bilan tanishaylik.

Qattiq jismlarda zarralar kristall panjara tugunida muvozanat holat atrofida uzluksiz tebranma issiqlik harakatida bo‘ladi. Agar kristallning temperaturasi ko‘tarilsa, muvozanat holat atrofidagi tebranma harakatning tebranish amplitudasi ortadi. Kristallardagi nuqson ana shunday tebranma harakatning natijasi sifatida namoyon bo‘ladi va energiyasi katta bo‘lgan zarra tugun o‘rnini tashlab, boshqa joyga ko‘chishi mumkin. Natijada panjara tuzilishida nuqson paydo bo‘ladi.

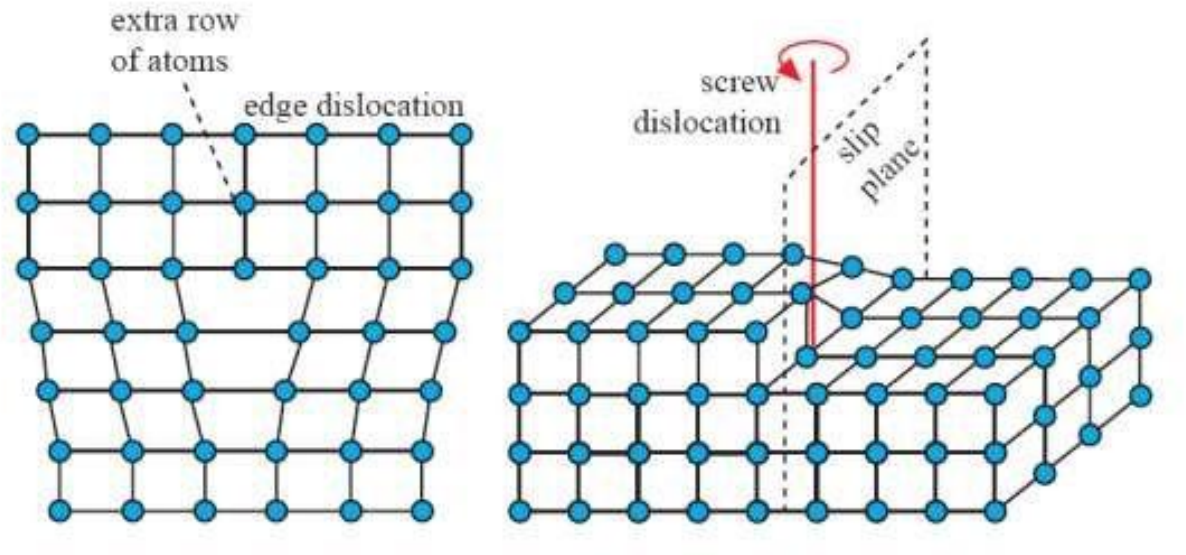


45-rasm

Kristallardagi nuqsonlar makroskopik va mikroskopik turlarga bo‘linadi. Makroskopik nuqsonlarga bevosita ko‘zga tashlanadigan yoriqlar yoki boshqa kristallar panjaralarining aralashuvlari kiradi. Mikroskopik nuqsonlar kristall

panjaradagi davriylikning buzilishi tufayli ro‘y beradi va ular nuqtaviy, chiziqli yoki dislokatsiya kabi turlarga bo‘linadi.

Nuqtaviy nuqsonlarning o‘zi ham bir necha xil bo‘lishi mumkin: a) kristall panjaraning ayrim tugunlarida kristall zarrasi bo‘lmasdan bo‘sh qolishi mumkin; b) kristall panjaradagi ayrim zarralar o‘rnini boshqa tipdagi zarralar egallashi mumkin; v) ayrim zarralar kristall panjara tugunlarida emas, oraliqdagi bo‘shliqda bo‘lib qolishi mumkin. Bu nuqsonlar kristallardagi uzoq tartibga ta’sir qilmaydi.



46-rasm

Dislokatsiya tipidagi nuqsonlarda zarralar joylashgan tekisliklar-ning muntazamligi buzilganligi tufayli uzoq tartib ham buziladi. Shuning uchun ham bunday nuqsonlar qattiq jismlarning mexanik xossalarining buzilishda asosiy rol o‘ynaydi. Odatda dislokatsiya chegaraviy va vintsimon ko‘rinishda bo‘ladi.

Chegaraviy dislokatsiyada ikki qo‘shni zarralar qatlami orasiga urilgan pona singari uchinchi zarralar qatlami joylashadi. Shunday nuqsonni farqlash uchun o‘rtadagi buzuvchi qatlam oxiriga $\perp$ belgisi qo‘yiladi. Zarralarning ortiqcha qatlami ana shu belgi yuqorisida joylashgan.

Vintsimon nuqson esa zarralar qatlami yarmining bir-biriga nisbatan bir yoki bir necha davrga siljishi tufayli hosil bo‘ladi.

Kristallardagi nuqsonlar ularning fizik (mexanik, elektr, magnit va x.k.) xossalariga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun ularning o‘rganish juda katta amaliy ahamiyatga ega.

Kristallardagi dislokatsiyalar sonini xarakterlash uchun ularning zichligi tushunchasi kiritiladi. Birlik yuzani kesib o‘tuvchi dislokatsiya chiziqlari soni dislokatsiya zichligi deyiladi.

ILOVALAR:

Grek Alfaviti

$A\alpha$ –Alfa	$H\eta$ –Eta	$N\nu$ –Nyu	$T\tau$ –Tau
$B\beta$ –Betta	$\Theta\theta$ –Teta	$\Xi\varepsilon$ –Ksi	$\Upsilon\upsilon$ –Ipsilon
$\Gamma\gamma$ –Gamma	$I\iota$ –Yota	Oo –Omikron	$\Phi\varphi$ –Fi
$\Delta\delta$ –Del'ta	$K\kappa$ – Kappa	$\Pi\pi$ –Pi	$X\chi$ –Xi
$E\varepsilon$ –Epsilon	$\Lambda\lambda$ –Lambda	$P\rho$ –ro	$\Psi\psi$ –Psi
$Z\zeta$ –Dzeta	$M\mu$ –Myu	$\Sigma\sigma$ –Sigma	$\Omega\omega$ –Omega

Atom va Yadro fizikasi		***Fizikadagi ba'zi yod olinishi shart bo'lgan birlik o'tishlar!***	
Proton (protiy)	${}_1^1H$	$1eV$ – 1elektronvolt→	$1{,}6 \cdot 10^{-19} J$ ga teng
Deytron (deyteriy)	${}_1^2H$	$760mm.sim.ust \rightarrow$	101360 Pa ga teng
Triton (tritiy)	${}_1^3H$	$1ot\ kuchi \rightarrow$	$735{,}7\ Vatt\ ga\ teng$
Elektron (β – nurlanish oqimi, yemirilish)	${}_{-1}^0e$	$1\ litr\ suv \rightarrow$	$\approx 1kg\ ga\ teng$
Pozitron (elektronning antizarrasi)	${}_1^0p$	$10\ m\ suv\ ustuni \rightarrow$	$10^5\ Paskal\ ga\ teng$
Neytron	${}_0^1n$	$1kkal$- kilokalloriya→	$4200\ Joul\ ga\ teng$
Geliy yadrosi (α – nurlanish oqimi, yemirilishi)	${}_2^4He$	$1kaloriya \rightarrow$	$4{,}2\ Joul\ ga\ teng$
Vodorod	${}_1^1H$	$1kilovatt \cdot soat \rightarrow$	$3{,}6\ Megajoul$
Foton (ϒ – nurlanish oqimi, yemirilish)	${}_0^0\gamma$	$1Angstrem \rightarrow$	10^{-10}

O’nga karrali va ulushli birliklarni hosil qilishning ko’paytuvchilari, old qo’shimchalari va ularning nomlari					
Ko’paytuvchi	Qo’shimcha				
	Nomi	Kelib chiqishi		Belgilanishi	
		Ma’nosi	Tili	Xal-qaro	Rus-cha
10^{18}	Eksa	6 marta ming	Grekcha	E	Э
10^{15}	Peta	5 marta ming	Grekcha	P	П
$1000000000000 = 10^{12}$	Tera	Juda kata	Grekcha	T	Т
$1000000000 = 10^{9}$	Giga	Gigant	Grekcha	G	Г
$1000000 = 10^{6}$	Mega	Katta	Grekcha	M	М
$1000 = 10^{3}$	Kilo	Ming	Grekcha	K	К
$100 = 10^{2}$	Gekto	Yuz	Grekcha	g	г
$10 = 10^{1}$	Deka	O’n	Grekcha	da	да
$0{,}1 = 10^{-1}$	Detsi	O’n	Lotin	d	д
$0{,}01 = 10^{-2}$	Santi	Yuz	Lotin	s	с
$0{,}001 = 10^{-3}$	Milli	Ming	Lotin	m	м
$0{,}000001 = 10^{-6}$	Mikro	Kichik	Grekcha	μ	мк
$0{,}000000001 = 10^{-9}$	Nano	Karlik	Lotin	n	н
$0{,}000000000001 = 10^{-12}$	Piko	Pikkolo	Italiya	p	п
10^{-15}	Femto	O’n besh	Daniya	f	ф
10^{-18}	Atto	O’n sakkiz	Daniya	a	а

Mexanika		***Molekulyar fizika***	
Erkin tushish tezlanishi yerda	$g = 10\frac{m}{s^2}$	Avagadro soni	$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$
Erkin tushish tezlanishi oyda	$g = 1{,}6\frac{m}{s^2}$	Bolsman doimiysi	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\frac{J}{K}$
Gravitat-sion doimiysi	$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$	Universal gaz doimiysi	$R = 8{,}31\frac{J}{K \cdot mol}$
Normal atmosfera bosimi	$P_0 = 101360\ Pa$	Normal sharoitda 1 mol ideal gazning hajmi	$V_0 = 22{,}4\ litr$
Havoda tovushning tezligi (20^0 da)	$\vartheta \approx 343 m/s$	Atom massa birligi	$m.a.b : 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$
Yerning radiusi	$R \approx 6400 km$	Yerning massasi	$m \approx 5{,}9 \cdot 10^{24} kg$
Elektrodinamika		***Optika***	
Elektronning zaryadi	$e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$	Yorug'lik tezligi	$c = 3 \cdot 10^8 m/s$
Elektronning massasi	$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$	Plank domiysi	$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
Protonning massasi Protonning zaryadi	$m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$ $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19} Kl$	Stefan-Bolsman doimiysi Havoning nur sindirish ko'rsatkichi	$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\frac{W}{m^{-2} \cdot K^4}$ $n \approx 1$
Faradey soni	$F = 96500\frac{Kl}{mol}$	Vakuumning nur sindirish ko'rsatkichi	$n \approx 1$
Magnit doimiysi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{Gn}{m}$	Shishaning nur sindirish ko'rsatkichi	$n \approx 1{,}5$
Elektr doimiysi	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\frac{Kl^2}{N \cdot m^2}$	Fotonning tinchlikagi massasi	$m = 0$
Propor-sionallik koeffitsiyenti	$k = 9 \cdot 10^9\frac{N \cdot m^2}{Kl^2}$	Vakuumning dielektrik va magnit singdiruvchanligi	$\varepsilon = 1$ $\mu = 1$

Suv moddasining ko’plab fizikaviy doimiy qiymatlari (yod olish muhim)	
Ma’lumot turi	**Ma’lumotning qiymati**
Muzlash harorati	$\mathbf{0}$°C
Erish harorati	$\mathbf{0}$°C
Bug’lanish harorati	$\mathbf{0}$°C
Nur sindirish ko’rsatkichi	$\mathbf{1,3}$
Maksimal zichlikka ega bo’lish harorati	$\approx \mathbf{4}$°C
Qaynash harorati	$\mathbf{100}$°C
Zichligi	$\mathbf{1000}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Qattiq (muz) holatdagi zichligi	$\mathbf{900}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Gaz (bug’) holatdagi zichligi	$\mathbf{0,6}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Molyar massasi	$\mathbf{18 \cdot 10^{-3}}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{mol}}$
Sirt taranglik koeffitsiyenti	$\mathbf{72 \cdot 10^{-3}}\frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{m}}$
Dielektrik singdiruvchanligi	$\mathbf{81}$
Solishtirma issiqlik sig’imi	$\mathbf{4200}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Solishtirma erish issiqligi	$\mathbf{330000}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Solishtirma bug’lanish issiqligi	$\mathbf{2360000}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Suvning magnit singdiruvchanligi	$\approx \mathbf{0,007}$

QATTIQ JISMLARNING ZICHLIGI (20^0)

MODDA	*ZICHLIK, g/sm³*	*MODDA*	*ZICHLIK, g/sm³*
Materiallar va qotishmalar		**Minerallar**	
Alyuminiy	2,7	Olmos	3.51
Bronza	8,7-,.9	Asbest	0.1-0.5
Temir	7,88	Granit	2.5-3
Germaniy	5,3	Kvars	2.65
Oltin	19,31	Marmar	2.5-2.8
Kobal't	8,8	Bo'r	2
Kremniy	2,3	Najdak	4
Magniy	1.76	**Turli xil materiallar**	
Mis	8.93	Suyak	1.8-2
Molibden	10.2	Muz (0^0)	0.917
Natriy	0.975	Yelim (oddiy va qattiq)	1.2
Nikel	8.9	Slyuda	2.6-3.2
Qalay	7.29	Shisha	2.55
Platina	21.46	Kvarsli oyna	2.21
Qo'rg'oshin	11.35	Oddiy oyna	2.5
Kumush	10.5	Periks oyna	2.59
P'lat	7.7-7.9	termometr shishasi	2.59
Uran	19.1	Forfor	2.2-2.4
Xrom	7.15	Qaxrabro	1.1
Ruh	7.15		

Trigonometrik funksiyalarning fizikada eng ko'p ishlaydigan qiymatlarini yod bilish muhim!					
$Radian$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$Gradus$	0°	30°	45°	60°	90°
$sin\alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$cos\alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$tg\alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	–
$ctg\alpha$	–	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

SUYUQLIKLARNING 20^0C DAGI ZICHLIGI

MODDA	ZICHLIK, g/sm^3	MODDA	ZICHLIK, g/sm^3
Azot kislotasi	1,51	Mashina moyi	0,9
Anilin	1,02	O‘rta yog‘li sut	1,03
Atseton	0,791	Dengiz suvi	1,01-1,03
Benzin	0,68-0,72	Metil spirit	0,792
Benzol	0,879	Chumoli kislotasi	1,22
Brom	3,12	Nitrobenzol	1,2
Brombenzol	1,495	Simob	13,55
Suv	0,99823	Xloroform	1,489
Og‘ir suv (H_2^2O)	1,1086	Toluol	0,866
Geksan	0,660	Tribrommetan	2,890
Geptan	0,684	Uksus kislotasi	1,049
Glitserin	1,26	Etil spirti	0,79
Neft	0,76-0,85	Nitroglitsirin	1,6

QATTIQ JISMLARNING VA BIOLOGIK TO‘QIMALARNING YUNG MODULI HAMDA MUSTAHKAMLIK CHEGARASI

№	Materiallar	Yung moduli, GPa	Mustahkamlik chegarasi, MPa
1	Po‘lat	200	500
2	Shisha to‘ldirilgan kapron	8	150
3	Organik shisha	3,5	50
4	Kollagen	10 – 100	100
5	Elastin	01 – 0,6	5
6	Suyak	10	100
7	Yog‘och	10	90

KO‘ZGA KO‘RINADIGAN NURLARNING TO‘LQIN UZUNLIKLARI VA CHASTOTALARI

№	Nurlanish nomi	To‘lqin uzunligi, λ, 10^{-9}m yoki nm	Chastotasi, ν, 10^{12}Hz yoki THz	Foton energiyasi, eV
1	Qizil	625-740	400-480	1,68-1,98
2	Zarg‘aldoq	590-625	480-510	1,98-2,10
3	Sariq	565—590	510—530	2,10—2,19
4	Yashil	500—565	530—600	2,19—2,48
5	Havorang	485—500	600—620	2,48—2,56
6	Ko‘k	440-485	620-680	2,56-2,82
7	Binafsha	380-440	680-790	2,82-3,26

BA'ZI SUYUQLIKLARNING 20°C DA SIRT TARANGLIK KOEFFITSENTI

№	Suyiqlik nomi	10^{-3} N/m
1	Benzin	21
2	Kerosin	24
3	Sovun eritmasi	40
4	Sut	46
5	Neft	30
6	Simob	472
7	Spirt	22
8	Etil efiri	17
9	Glitserin	63,4
10	Parafin moyi	48
11	Suv	72,5

ORGANIZMDAGI TURLI TO'QIMALAR, SUYUQLIKLARNI VA BA'ZI O'TKAZGICHLARNING SOLISHTIRMA QARSHILIGI

Nomi	Solishtirma qarshiligi, 10^{-6} Om·m	Nomi	Solishtirma qarshiligi, 10^{-6} Om·m
Orqa miya suyuqligi	0,55	Po`lat	0,15
Qon	1,66	Rux	0,06
Muskullar	2	Konstantan	0,5
Miya va nerv to'qimasi	14,3	Nikelin	0,4
Yog' to'qimasi	33,3	Nikel'	0,45
Quruq teri	10^5	Nixrom	1,1
Suyak-pardasiz suyak	10^7	Sul'fat kislota eritmasi (10%)	26 000
Alyuminiy	0,028	Xromel	1,4
Vol'fram	0,055	Kumush	0,016
Temir	0,1	Qo`rgoshin	0,21
Mis	0,017	Simob	0,96

ARTERIAL QON BOSIMLARINING KLASSIFIKATSIYASI *

№	Qon bosimi turkumi	Arterial bosim	
		Sistolik bosim	Diastolik bosim
1	Optimal	120 gacha	80 gacha
2	Normal	130 gacha	85 gacha
3	Yuqori normal	130-139	85-89
4	1-darajali arterial gipertoniya (yengil)	140-159	90-99
5	2-darajali arterial gipertoniya (o'rtacha	160-179	100-109
6	3-darajali arterial gipertoniya (og'ir)	180 dan yuqori	110 dan yuqori

SUYUQLIKLARNI QOVUSHQOQLIGI

№	Suyuqlik	Qovushqoqlik, η	
		Pa·s	Puaz
1	Moy	0,986	9,86
2	Glitsirin	0,85	8,5
3	Sulfat kislota	0,022	0,22
4	Skipidar	0,00149	0,0149
5	Etil spirti	0,00119	0,0119
6	Benzin	0,00065	0,0065
7	Metil spirti	0,0006	0,006
8	Atseton	0,00033	0,003
9	Efir	0,00023	0,0023
10	Qon (normada)	0,004-0,005	0,04-0,05
11	Qon plazmasi	0,0015	0,015

TURLI YOSHDAGI ORGANIZMDA NORMAL ARTERIAL BOSIM *

Yoshi va jinsi	Puls chegarasi	Erkaklar		Ayollar	
		Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal
Yangi tug'ilgan	110–170	70	—	—	—
1 yosh	94–154	96	66	95	65
10 yosh	60–100	103	69	103	70
20 yosh	60–80	123	76	116	72
30 yosh	60–80	126	79	120	75
40 yosh	60–80	129	81	127	80
50 yosh	64–84	135	83	137	84
60 yosh	69–89	142	85	144	85
70 yosh	69–89	145	82	159	85
80 yosh	69–89	147	82	157	83
90 yosh	—	145	78	150	79

TURLI YOSHDAGI ORGANIZMDA NORMAL PULS URISHI *

Yoshi	O‘rtacha puls urishi (1 minutda)	Puls chegarasi (1 minutda)
1 oygacha	140	110–170
1–12 oylik	132	102–162
1–2 yosh	124	94–154
2–4 yosh	115	90–140
4–6 yosh	106	86–126
6–8 yosh	98	78–118
8–10 yosh	88	68–108
10–12 yosh	80	60–100
12–15 yosh	75	55–95
15–50 yosh	70	60–80
50–60 yosh	74	64–84
60–80 yosh	79	69–89
Katta yoshdagi spotrchilar	50	40-60

Odam uchun qon aylanishning ayrim gidrodinamik parametrlari

Tomir turi	O’rtacha tezlik m/s	Diametr, m	Tezlikning tomir devori yonidagi o’rtacha gradiyenti, s^{-1}	Reynolds soni
Aorta	$4{,}8 \cdot 10^{-1}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$	155	$3{,}4 \cdot 10^{3}$
Arteriya	$4{,}5 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-3}$	900	$5 \cdot 10^{2}$
Arteriola	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	800	$7 \cdot 10^{2}$
Kapillyar	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-6}$	1000	$2 \cdot 10^{3}$
Venula	$2 \cdot 10^{-3}$	$2{,} \cdot 10^{-5}$	800	$2 \cdot 10^{2}$
Vena	$1 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-3}$	160	$1{,}4 \cdot 10^{2}$

BA’ZI TO‘QIMALARNING SOLISHTIRMA ELEKTR QARSHILIGI

№	Modda	ρ $Om \cdot m$	Modda	ρ $Om \cdot m$
1	Miya suyuqligi	0,55	Yog’ to’qimasi	33
3	Qon plazmasi	0,71	Quruq teri	10^5
4	Qon	1,7	Suyak	10^7
5	Muskullar	2,0	Kimyoviy toza suv	10^6
6	Jigar	3,3	Kumush	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$
7	Miya	14	yantar	10^{18}

Периодическая таблица химических элементов Д. И. Менделеева

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ							
	A I Б	A II Б	A III Б	A IV Б	A V Б	A VI Б	A VII Б	A VIII Б
1	H	Поиск Usmonov Saidjon					H 1 1,00794 ВОДОРОД	He 2 4,002602 ГЕЛИЙ
2	Li 3 6,941 ЛИТИЙ	Be 4 9,01218 БЕРИЛЛИЙ	B 5 10,811 БОР	C 6 12,011 УГЛЕРОД	N 7 14,0067 АЗОТ	O 8 15,9994 КИСЛОРОД	F 9 18,998403 ФТОР	Ne 10 20,179 НЕОН
3	Na 11 44,95591 НАТРИЙ	Mg 12 24,305 МАГНИЙ	Al 13 26,9854 АЛЮМИНИЙ	Si 14 28,0855 КРЕМНИЙ	P 15 30,97376 ФОСФОР	S 16 32,066 СЕРА	Cl 17 35,453 ХЛОР	Ar 18 39,948 АРГОН
4	K 19 39,0983 КАЛИЙ	Ca 20 40,078 КАЛЬЦИЙ	21 Sc 44,95591 СКАНДИЙ	22 Ti 47,88 ТИТАН	23 V 50,9415 ВАНАДИЙ	24 Cr 51,9961 ХРОМ	25 Mn 54,9380 МАРГАНЕЦ	26 Fe 55,847 ЖЕЛЕЗО / 27 Co 58,9332 КОБАЛЬТ / 28 Ni 58,69 НИКЕЛЬ
	29 Cu 63,546 МЕДЬ	30 Zn 65,39 ЦИНК	Ga 31 69,723 ГАЛЛИЙ	Ge 32 72,61 ГЕРМАНИЙ	As 33 74,9216 МЫШЬЯК	Se 34 78,96 СЕЛЕН	Br 35 79,904 БРОМ	Kr 36 83,80 КРИПТОН
5	Rb 37 85,4678 РУБИДИЙ	Sr 38 87,62 СТРОНЦИЙ	39 Y 88,9059 ИТТРИЙ	40 Zr 91,224 ЦИРКОНИЙ	41 Nb 92,9064 НИОБИЙ	42 Mo 95,94 МОЛИБДЕН	43 Tc [98] ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru 101,07 РУТЕНИЙ / 45 Rh 102,9055 РОДИЙ / 46 Pd 106,42 ПАЛЛАДИЙ
	47 Ag 107,8682 СЕРЕБРО	48 Cd 112,41 КАДМИЙ	In 49 114,82 ИНДИЙ	Sn 50 118,710 ОЛОВО	Sb 51 121,75 СУРЬМА	Te 52 127,60 ТЕЛЛУР	I 53 126,9045 ЙОД	Xe 54 131,29 КСЕНОН
6	Cs 55 132,9054 ЦЕЗИЙ	Ba 56 137,327 БАРИЙ	57 * La 138,9055 ЛАНТАН	72 Gf 178,49 ГАФНИЙ	73 Ta 180,9479 ТАНТАЛ	74 W 183,84 ВОЛЬФРАМ	75 Re 186,207 РЕНИЙ	76 Os 190,2 ОСМИЙ / 77 Ir 192,22 ИРИДИЙ / 78 Pt 195,08 ПЛАТИНА
	79 Au 196,9665 ЗОЛОТО	80 Hg 200,59 РТУТЬ	Tl 81 204,383 ТАЛЛИЙ	Pb 82 207,72 СВИНЕЦ	Bi 83 208,9804 ВИСМУТ	Po 84 208,9824 ПОЛОНИЙ	At 85 209,9871 АСТАТ	Rn 86 222,0176 РАДОН
7	Fr 87 [223] ФРАНЦИЙ	Ra 88 [226] РАДИЙ	89 ** Ac [227] АКТИНИЙ	104 Rf [261] РЕЗЕРФОРДИЙ	105 Db [262] ДУБНИЙ	106 Sg [266] СИБОРГИЙ	107 Bh [267] БОРИЙ	108 Hs [269] ХАССИЙ / 109 Mt [268] МЕЙТНЕРИЙ / 110 Dr [271] ДАРМШТАДТИЙ

Легенда

* Лантаноиды | ** Актиноиды | Высшие оксиды | Летучие водородные соединения

58 Ce 140,12 ЦЕРИЙ	59 Pr 140,9077 ПРАЗЕОДИМ	60 Nd 144,24 НЕОДИМ	61 Pm [145] ПРОМЕТИЙ	62 Sm 150,36 САМАРИЙ	63 Eu 151,98 ЕВРОПИЙ	64 Gd 157,25 ГАДОЛИНИЙ	65 Tb 158,9254 ТЕРБИЙ	66 Dy 162,50 ДИСПРОЗИЙ	67 Ho 164,9304 ГОЛЬМИЙ	68 Er 167,26 ЭРБИЙ	69 Tm 168,9342 ТУЛИЙ	70 Yb 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 Lu 174,967 ЛЮТЕЦИЙ

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. I.G.Tursunov, D.A. Begmatova Fizika fanidan o‘quv qo‘llanma. “Excellent Poliygraphy” nashriyoti Toshkent – 2020.
2. Abduraxmonov K.F. va b., Fizika kursi, Toshkent, 2012.
3. Qodirov O., Fizika kursi, 1-qism., Toshkent, 2005.
4. Sultonov V.A., Fizika kursi, OO‘MTV, 2007.
5. Bozorova S., Fizika kursi, Toshkent, 2007.
6. Savel’ev I.V., Umumiy fizika kursi T.1, 2, 3., Toshkent 1989.
7. No‘monxojaev A.S., Fizika kursi 1-qism., Toshkent, 1992.
8. Axmadjonov O., Fizika kursi, toshkent, 1989.
9. Volkenshteyn V.S., Umumiy fizika kursidan masalalar to‘plami, Moskva, 1973.
10. CHertov A., Fizikadan masalalar to‘plami, Toshkent, 1997.
11. Toshxonova L.A., Umumiy fizika kursi, Toshkent, 2004.
12. Isabel Gedgrave ”Modern Teaching of Physics”. 2009
13. G.F.Bushok, E.F.Venger “Metodika prepodovaniya obщey fiziki v vыsshey shkole” Kiev. 2000.
14. Qurbonov M., Uzoqova G.S., Tursunov K.SH. “Fizika o‘qitishning nazariy asoslari” T.”O‘zbekiston” 2008.
15. M.D. Jo‘raev “Fizika o’qitish metodikasi (umumiy masalalar)” T., TDPU., 2015.

Internet ma’lumotlari:

1. Animatsion rolik (http:www.upscale.utorouto.ca. va html,http:tical ua.es)
2. Fizika “Physicon”.
3. ”Phusics onlian”
4. Ko‘rgazmali rangli rasmlar (http:www.hord Wareandlysis com.)
5. www.physicon. ru - "Molekulyarnaya fizika na kompyutere"
6. www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm
1. www.en/edu.ru.

MUNDARIJA:

I. BOB. Mexanika

1. Mexanika. Moddiy nuqta kinematikasi……...5

2. Moddiy nuqta dinamikasi……9

3. Impuls. Mexanik ish va energiya……15

4. Mutloq qattiq jism harakati kinematikasi va dinamikasi……18

5. Tebranma harakatlar va to‘lqinlar……22

II. BOB. Molekulyar fizika

6. Molekular fizika asoslari……...26

7. Gazlar kinetik nazariyasi……29

8. Real gazlar……36

9. Issiqlik miqdori. Temperatura……41

10. Termodinamik jarayonlar va ularning qonuniyatlari……45

11. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Qaytar va qaytmas jarayonlar.48

12. Suyuqliklar mexanikasi elementlari……49

13. Suyuqliklar xossalari……57

14. Polimerlar fizikasi……80

15. Qattiq jismlar fizikasi……91

Ilovalar:……107

O‘QUV ADABIYOTINING NASHR RUXSATNOMASI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 20 **24** yil “ **25** ” **iyun** dagi “ **218** ”-sonli buyrug‘iga asosan

S.A.Usmonov

(muallifning familiyasi, ismi-sharifi)

Biotibbiyot muhandisligi

(ta’lim yo‘nalishi (mutaxassisligi))

ning

talabalari (o‘quvchilari) uchun tavsiya etilgan

Fizika nomli o‘quv qo‘llanmasi

(o‘quv adabiyotining nomi va turi: darslik, o‘quv qo‘llanma)

ga

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr etishga ruxsat berildi.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

M.O‘.

Vazir _____ K.Sharipov

(imzo)

Ro‘yxatga olish raqami

218-179